



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

Almacén automático de retales de chapa metálica

Titulación: I.T.I. Esp. Electrónica Industrial

Alumno: Roberto Teban Fernández

Director: Dr. Ing. Andrés Iborra García

En Cartagena a 12 de octubre de 2013

ÍNDICE

¡IMPORTANTE!

En este documento se hace uso de numerosos **hipervínculos** a documentos externos como pdf, web, visualizaciones 3d interactivas, imágenes y videos. Además hay un hiperíndice para facilitar la lectura y un hipervínculo a marcador para volver al **índice** desde varios puntos del documento, que está vinculado a esta imagen.



MEMORIA	6
Introducción.	7
Objetivos.....	8
Pliego de condiciones. (Técnicas)	10
Normativa.....	15
CÁLCULOS.....	16
1. Estructuras metálicas.....	17
1.1. Informe Estructura Fija y Bandeja - CYPE.....	17
1.2. Informe Estructura Móvil Pórtico M2 - CYPE.....	17
1.3. Informe Piezas Mecánicas - SolidWorks.....	17
1.4. Estructura fija. (Informes CYPE - Metal 3D)	17
1.4.1. Viga - bandeja. 3050.....	17
1.4.2. Angulo soporte bandeja.....	18
1.4.3. Viga - bandeja. 1000.....	19
1.4.4. Total estructura con 40 bandejas	19
1.4.5. Estructura soporte móvil. (Informe CYPE).....	21
2. Guía lineal con husillo y accionamientos - M1.....	22
2.1. Consideraciones generales y definición de usos.....	22
2.1.1. Datos disponibles.	22
2.1.2. Vida útil del husillo.	22
2.1.3. El ciclo de trabajo.	23
2.1.4. Paso mínimo del husillo. (Pm)	23
2.1.5. Resumen datos de cálculo.	24
2.2. Selección del husillo.	25
2.2.1. Ciclo de trabajo del husillo.	25
2.2.2. Velocidad media (Vm). Calculo tiempo, espacio y aceleración por tramos.....	25
2.2.3. Velocidad de giro del husillo por tramos.	26
2.2.4. Velocidad media por tramo.	26
2.2.5. Velocidad media total (n_m).	27
2.2.6. Calculo de la fuerza media, (Fm).	27
2.2.7. Calculo de la fuerza media total, (Fm).	28
2.2.8. Capacidad de carga requerida (Ca)	29
2.2.9. Calculo de la longitud del husillo.	30
2.2.10. Comprobación de la velocidad crítica, (n_{cr}).....	30
2.2.11. El factor de corrección (f_{cr}).	30
2.2.12. Comprobación carga de pandeo.	31
2.3. Selección de las guías lineales.....	33
2.3.1. Centro de gravedad del carro, por porciones.....	33
2.3.2. Masa de cada porción y total del conjunto	33

2.3.3.	Calcular la Velocidad, Aceleración, Tiempo y Distancia Recorrida en Cada Tramo.....	34
2.3.4.	Carga sobre el patín. (caso más desfavorable tramo 1).	34
2.4.	Calculo del par y potencia del motor, selección del motor.	35
2.4.1.	Rendimiento.....	35
2.4.2.	Par.....	35
2.4.3.	Potencia.	35
2.4.4.	Selección del motor.	36
2.5.	Selección de acoplamientos.	36
3.	Guía lineal con correa dentada y accionamientos - M2.....	38
3.1.	Consideraciones generales y definición de usos.....	38
3.1.1.	Datos disponibles.....	38
3.1.2.	Vida útil del sistema M2 (guías lineales con correa dentada).	38
3.1.3.	El ciclo de trabajo.....	39
3.1.4.	Velocidad media (V_m). Calculo tiempo, espacio y aceleración por tramos.....	39
3.2.	Selección de las guías lineales.....	44
3.2.1.	Calcular el c. d. g de todo el Conjunto.....	44
3.2.2.	Calculo de las cargas actuantes sobre los patines.	45
3.2.3.	Calculo de la carga media (P_m).	53
3.2.4.	Determinar el Valor de la Distancia Recorrida por Minuto.	55
3.2.5.	Determinar el Valor de la Capacidad Dinámica de Carga	56
3.2.6.	Determinación de la precarga en guías lineales	59
3.2.7.	Selección de la guía lineal central con accionamiento.	59
3.3.	Selección del motor.	65
3.4.	Selección de acoplamientos	65
4.	Guía lineal con cremallera y accionamientos - M3.....	67
4.1.	Consideraciones generales y definición de usos.....	67
4.1.1.	Datos disponibles.....	67
4.1.2.	Vida útil del sistema M3 (guías lineales con cremallera).	67
4.1.3.	El ciclo de trabajo.....	68
4.1.4.	Velocidad media (V_m). Calculo tiempo, espacio y aceleración por tramos.....	68
4.2.	Selección de las guías lineales.....	70
4.2.1.	Calcular el c. d. g de todo el Conjunto.....	70
4.2.1.1.	c. d. g de las diferentes porciones.	70
4.2.2.	Calculo de las cargas actuantes sobre los patines.	72
4.2.3.	Calculo de la carga media (P_m).	77
4.2.4.	Determinar el Valor de la Distancia Recorrida por Minuto	78
4.2.5.	Determinar el Valor de la Capacidad Dinámica de Carga	79
4.2.6.	Determinación de la precarga en guías lineales	82
4.2.7.	Duración de la guía lineal.....	82
4.3.	Cálculos del accionamiento.	83
4.3.1.	Par y potencia.	83
4.3.2.	Selección del accionamiento.	84
4.4.	Selección de acoplamientos. Ver planos.	85
PROGRAMACIÓN		86
5.	Software y programación.....	87
5.1.	Programa PLC Auto retales.....	87
5.1.1.	Memoria PLC.....	87
5.1.2.	Video Entrenador PLC.....	87
5.2.	Programa HMI Touch Auto retales	87
5.2.1.	Descripción de las Pantallas	87
5.2.2.	Variables HMI.....	91

5.2.3.	<i>Video HMI Touch</i>	91
5.3.	Animaciones 3D.	91
5.3.1.	<i>Ciclo de Referencia HOME</i>	91
5.3.2.	<i>Ciclo de carga y descarga de la Bandeja</i>	91
5.4.	Funcionamiento de Sistemas.	91
5.4.1.	<i>Sistema M1 mas actuador.</i>	92
5.4.1.1.	<i>Modo carga.</i>	92
5.4.1.2.	<i>Modo descarga.</i>	92
5.4.1.3.	<i>Modos Seguridad.</i>	93
5.4.2.	<i>Sistema M2.</i>	93
5.4.3.	<i>Sistema M3.</i>	94

PLANOS 95

6.	Planos generales.	96
6.1.	Planos SolidWorks	96
6.2.	Representación Eléctricos	96
6.3.	Imágenes CGI	96
6.4.	Modelos Virtuales 3D.*	96
6.4.1.	<i>Almacén Automático Completo</i>	96
6.4.2.	<i>Sistema M1</i>	96
6.4.3.	<i>Sistema M2</i>	96
6.4.4.	<i>Sistema M3</i>	96
6.4.5.	<i>Estructura o almacén de cola.</i>	96
6.4.6.	<i>Bandeja</i>	96

PRESUPUESTO 97

7.	Detalles de presupuesto.	98
----	---------------------------------	----

CONCLUSIÓN103

BIBLIOGRAFÍA105

•	Automatización.	106
gg)	Curso automatización.	107
•	Dispositivos de Medición y Control.	107
•	Eléctricos.	108
•	Normativa.	108
•	Elementos de Sistemas Mecánicos.	108
vv)	Curso Calculo y selección de husillos y guías lineales - Bureau Veritas	109
•	Motores eléctricos y componentes.	110
•	Perfiles y tubos estructurales.	112
•	Otros cursos aplicados.	112
•	Webgrafía.	113

MEMORIA

Introducción.

La idea de este proyecto surge de la observación diaria en la metodología de trabajo de la empresa Joaquín Martínez S.L. Situada en El Palmar (Murcia), Cno. / Leñadores. Nave 35. A lo largo de los últimos 6 años.

De los principales problemas observados nos centraremos al que está enfocado este proyecto que es la problemática en la deficiente conservación y almacenaje de material.

Esta empresa dedica su actividad a la venta, servicio de corte y mecanizado de materiales laminados tanto metálicos como plásticos.

Un problema estructural que se ha obviado en un periodo de tiempo en el que el fin principal era obtener la mayor producción posible en el menor tiempo. Donde el capital se invertía en nueva maquinaria de producción dejando de lado la optimización y la eficiencia. Hablamos sobre todo de empresas de baja capitalización PYMES generalmente.

Esto fue debido sobre todo a multitud de subvenciones y crédito barato que existía, a menudo la abundancia nos lleva al desperdicio.

Una vez que toda esta cantidad de medios desaparece, lo que queda es lo real. En el futuro cercano y ya en el presente nos enfrentamos a cambios profundos en la manera de trabajar y producir. Constatado ya, que los recursos de todo tipo son finitos. El nuevo modelo económico que llega estará basado en la altísima productividad y eficiencia, así los recursos monetarios se dedicaran a financiar actividades muy necesarias y a empresas que funcionen de un modo altamente productivo.

En cuanto a la producción industrial hoy día lo que sobra es capacidad productiva, por tanto el problema ya no es tanto de producción sino de optimización y aprovechamiento de recursos. Aquí es donde tiene cabida este proyecto, está claro que un problema de desperdicio o desaprovechamiento por deterioro de material en una empresa actual y que quiera salir adelante en los años venideros, hoy no es posible y mañana aun menos.

Retomando el inicio de esta introducción, la idea es construir una máquina automática que almacene los retales de chapa metálica y de acceso a estos a petición de la producción. Dejando la puerta abierta en futuros proyectos otros posibles usos o adaptaciones de la misma para el uso de otros materiales como plásticos o aglomerados.

MEMORIA

Objetivos.

Optimización de recursos de chapa metálica, organización de producción y planificación más eficiente, ahorro de tiempo, tanto en tiempos muertos de máquina, como en programación, reducción de espacio, conectividad oficina técnica con operarios de corte a tiempo real, control de stock continuo, control de calidad del material hasta la mesa de corte y aumento de seguridad para el operario al minimizar su intervención en el proceso.

Resumen de la idea y problemática actual.

Desarrollo de un mecanismo automático de gestión de retales de chapa, estos son sobrantes de planchas metálicas, usadas para el corte por laser. Se hace necesario su desarrollo para mantener un control de inventario continuo, una programación CNC optima debido a que en multitud de ocasiones se usan estos retales para pasar trabajos al corte y es necesario conocer sus medidas y su estado. En la actualidad usamos una base de datos que mediante un programa asociado genera un código que incluye información sobre el retal. Como tipo de material, espesor y proveedor, a este código se le asocia una medida o forma.

Ejemplo:

Código = 3000x400 - B2000X20.

Medida = 3000x400mm;

(B) acero brillo; (2000) n° de retal; (X) proveedor; (20) espesor = 2mm.

Surgen los siguientes problemas:

Deterioro de retales. Debido al deficiente almacenaje de estos, se suelen rayar o aboyar.

Uso indebido. Cuando la cantidad de retales es elevada se disponen unos sobre otros, costando al operario encontrar el código asociado al parte de trabajo, por tanto en muchas ocasiones se usa uno de conveniencia que no coincide con las medidas programadas, dando lugar, a estropear dos retales de la base de datos él no encontrado y el usado sin ser modificado en la base de datos. Pasado poco tiempo la base de datos no suele coincidir con el almacén, dando lugar a problemas de planificación y a reprogramación de partes de corte.

MEMORIA

Reprogramación de partes de corte, aumenta el tiempo de planificación y gestión de la agenda de trabajo dando lugar en muchas ocasiones a retraso en la programación y corte de trabajos.

Falseo de base de datos (BD), cuando la esta falla (no hay concordancia), no solo hay que reprogramar, sino que muchas veces no puedes gestionar los pedidos de material correctamente, ya que esta puede indicar que hay tal material y la realidad del almacén es otra, por tanto la previsión se rompe y vienen urgencias en conseguir el material.

El almacén automático resolvería todos estos problemas, se ahorraría en costes, en tiempos de producción, la gestión sería más ágil, las previsiones más acertadas, el material no se deterioraría, el operario optimiza su tiempo, el inventario es continuo y a tiempo real.



Fotos de problemas referidos en el almacenaje.

MEMORIA

Pliego de condiciones. (Técnicas)

- Dimensiones máximas de la máquina para el emplazamiento elegido:

Longitud (L) = 10 metros

Ancho (A) = 5 metros

Altura (H) = 10 metros

Dimensiones de la maquina: L = 9.1 m, A = 4.9m y H = 4.83m

- Numero de módulos de almacenaje = 5uds

De los cuales 4 módulos almacenan 40 bandejas cada uno y el quinto tiene capacidad para 30 bandejas y 4 alojamientos siendo la cola de producción

- Numero de bandejas = 190 Uds.

- Tamaño de la bandeja = 3000x1000mm

- Peso máximo de la bandeja = 100kg

- Numero de retales por bandeja = 10uds máximo, siempre que no supere en suma los 100kg de peso y área de 3000x1000mm.

- Capacidad de carga: $190 < n^{\circ} \text{ de retales} < 1900$

- Velocidad de desplazamiento máxima = 0.2 m/s.

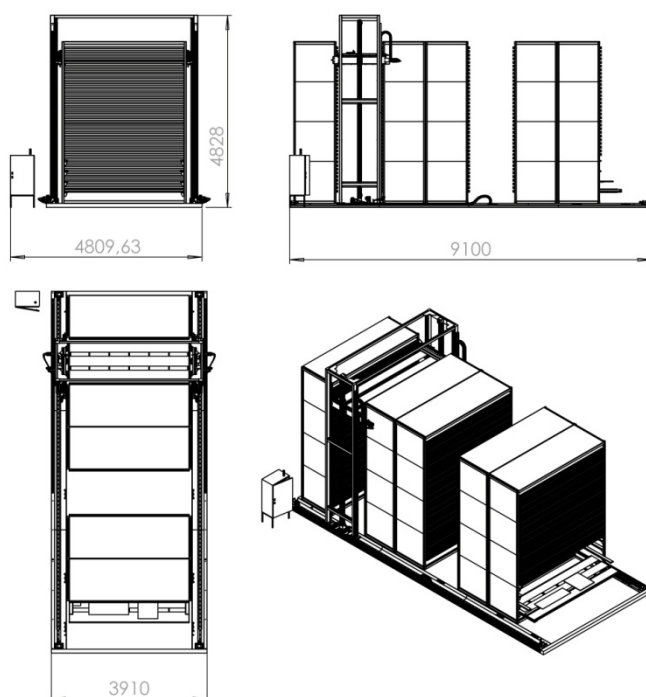
- Precisión = $\pm 1\text{mm}$

- Respuesta dinámica. Esta máquina no necesita altas prestaciones dinámicas ya que tiene una cola de retales que proporciona aporte de material a un LASER de corte que tiene que procesar cada chapa con un tiempo considerable. Aumentar la velocidad en esta máquina puede provocar problemas de deslizamientos, inercias y flexiones no deseadas para los posicionamientos.

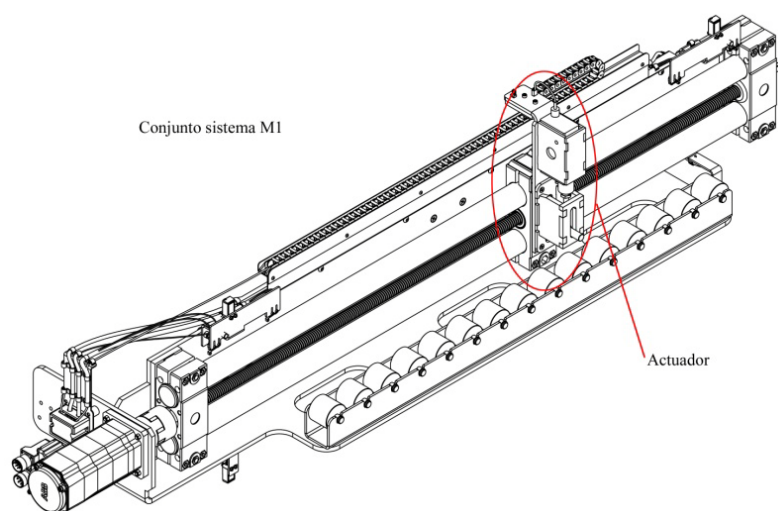
MEMORIA

Definición de los sistemas principales usados en esta máquina:

- 1) Sistema M1 y subsistema actuador
- 2) Sistema M2
- 3) Sistema M3
- 4) Módulos de almacén
- 5) Bandejas de carga
- 6) PLC y componentes auxiliares



- 1) El sistema M1 se divide en dos bloques simétricos uno a cada lado de la maquina



MEMORIA

Centrándonos en uno de los bloques, sus componentes son:

1 guía lineal con husillo a bolas "Rose + Krieger RK"

1 actuador servomotor "ABB serie 9C1"

1 subsistema con un actuador eléctrico de pistón "Rose + Krieger RK"

1 cadena porta cables "IGUS"

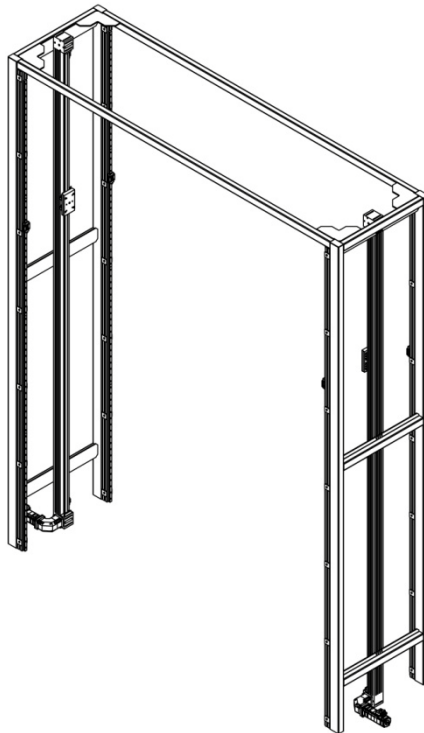
1 conjunto de piezas mecanizadas y conformadas para soportes y sujeción.

Sensores y Finales de carrera (FC):

Sistema M1 = 4 finales de carrera + 3 inductivos + 4 barreras ópticas.

Subsistema actuador eléctrico = 2 finales de carrera.

- 2) El sistema M2 se divide en dos bloques simétricos uno a cada lado de la maquina y van acoplados a la estructura tubular pórtico.



MEMORIA

Centrándonos en uno de los bloques, sus componentes son:

1 guía lineal con correa dentada. Guía aluminio extrusión "HEPCOMOTION DLS"

1 actuador servomotor. "ABB serie 9C1"

2 guías lineales complementarias que ayudan a estabilizar el sistema. "IKO"

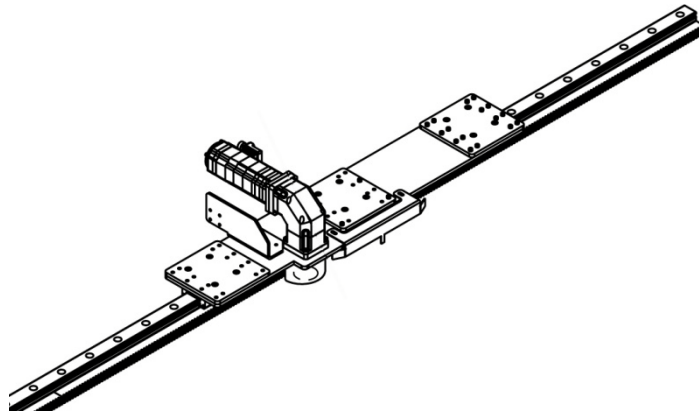
1 cadena porta cables. "IGUS"

1 conjunto de piezas mecanizadas y conformadas para soportes y sujeción.

Sensores y Finales de carrera:

Sistema M2 = 2 finales de carrera.

3) El sistema M3 se divide en dos bloques simétricos uno a cada lado de la maquina



Centrándonos en uno de los bloques, sus componentes son:

1 guía lineal por piñón y cremallera con tres patines a bolas "Rexroth"

1 actuador servomotor "Rexroth MKD 71B"

1 cadena porta cables "IGUS"

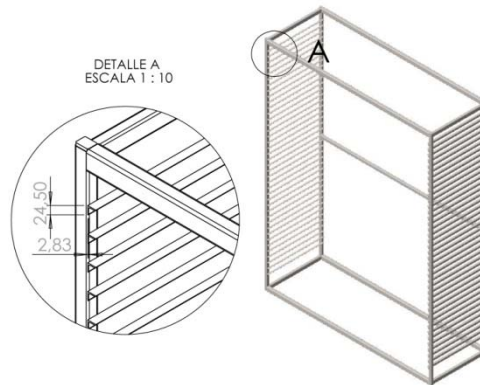
1 conjuntos de piezas mecanizadas y conformadas para soportes y sujeción.

Sensores y Finales de carrera:

Sistema M3 = 2 FC (protección) + 6 FC (control velocidad) + 3 inductivos

MEMORIA

4) Módulos de almacén.



Tenemos 4 módulos idénticos son estructuras tubulares rectangulares con ángulos laminados en caliente soldados a las mismas. Con disposición de 40 alojamientos para bandejas de carga. Existe un quinto modulo de las mismas características anteriores solo que este dispone de 30 alojamientos y 4 alojamientos más grandes y con unas guías telescópicas de carga máxima 300 kg, estos 4 huecos son la parte de cola de producción

Cada modulo se compone:

Tubo rectangular 70x50x4mm

Tubo rectangular 50x40x3mm

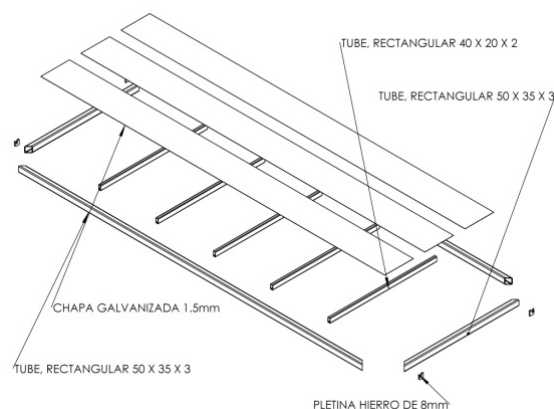
Angulo 25x25x3mm

Al quinto modulo habría que sumarle:

8 Guías telescópicas de 3 cuerpos con bolas de refuerzo. "CHAMBRELAN"

16 células de carga de hasta 50KN "HBM c9c"

5) Bandejas.



MEMORIA

Estructura compuesta por tubos rectangulares y chapa galvanizada soldada.

Capacidad de carga = 100 kg; Área máxima = 3000 x 1000 mm

6) PLC y componentes auxiliares.



1 Autómata S7 - 200 "Siemens"

3 Módulos de entradas salidas E/S. "Siemens"

1 Pantalla TOUCH 10" MP270 - entrada de datos bandejas "Siemens"

3 arrancadores suaves "WEG"

Contactores, Protecciones, fusible, "Schneider electric"

Normativa.

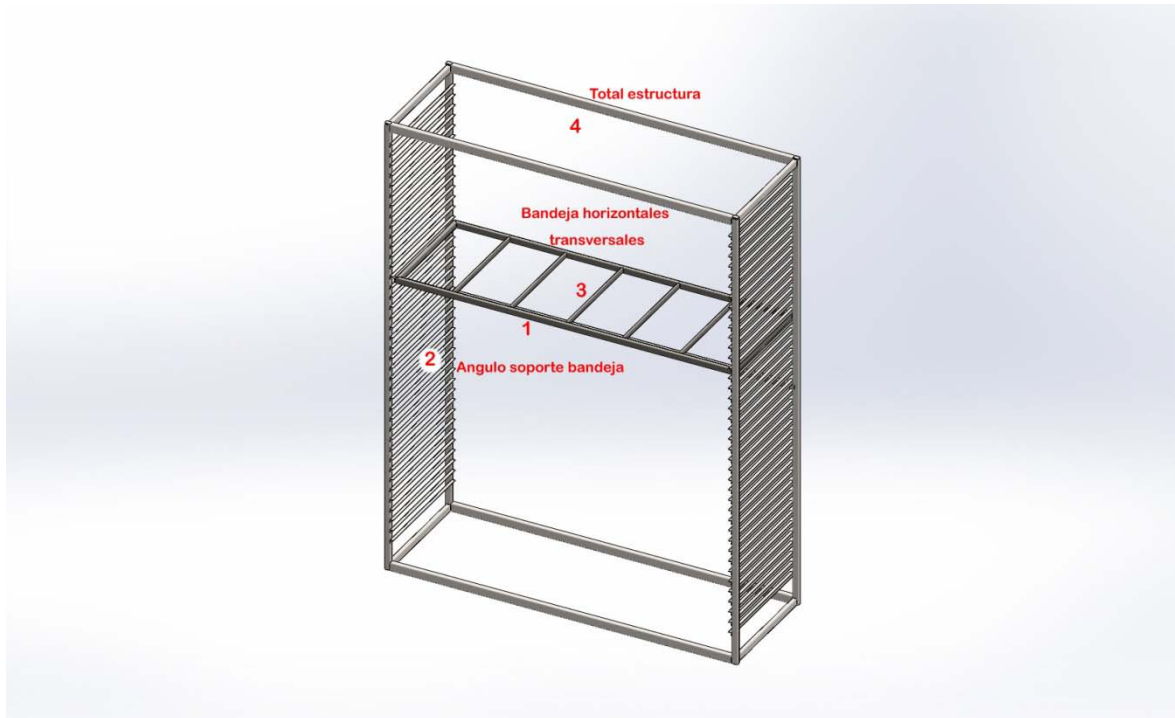
El presente pliego de condiciones pretende establecer las condiciones de instalación y uso de la máquina, con el fin de obtener el mayor rendimiento haciendo un buen uso de la misma.

Este proyecto de automatización de una máquina “Almacén automático de retales” mediante un autómata programable seguirá una serie de normas vigentes y exigibles en este tipo de instalaciones. Las normas a seguir se encuentran en el *Reglamento Electrotécnico de baja tensión y Diseño de maquinas normativa comunitaria*

CÁLCULOS

1. Estructuras metálicas.

- 1.1. [Informe Estructura Fija y Bandeja - CYPE](#)
- 1.2. [Informe Estructura Móvil Pórtico M2 - CYPE](#)
- 1.3. [Informe Piezas Mecánicas - SolidWorks](#)
- 1.4. Estructura fija. [\(Informes CYPE - Metal 3D\)](#)



1.4.1. Viga - bandeja. 3050.

P3 (perfil 40 x 20 x 2 mm):

$$- 5 \text{ uds } 40 \times 20 \times 2 \text{ mm } (1.68 \text{ kg/m}) = 5 * 1.68 = 8.4 \text{ kg}$$

P2 (perfil 50 x 35 x 3 mm):

$$- 2 \text{ uds } 50 \times 35 \times 3 \text{ mm } (2.6 \text{ kg/m}) = 2 * 2.6 = 5.2 \text{ kg}$$

Chapa (3050 x 1000 x 1.5 mm):

$$- 1 \text{ ud } 1.5 * 10^{-3} * 3.05 * 7.9 \text{ T/m}^3 = 36 \text{ kg.}$$

Peso propio (P_p) = 49.6 kg

$$\text{Carga distribuida} = \frac{49.6}{3.05 * 1 * 2} = 8.2 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}} \right)$$

CALCULOS



Fig. 1.1 (viga bandeja 1 - Dimensión del perfil)

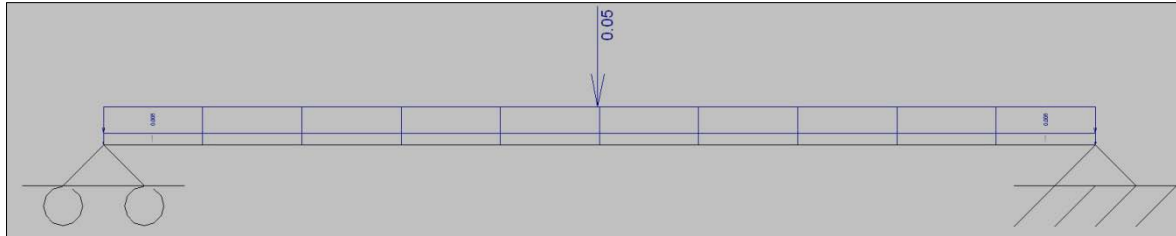


Fig. 1.2 (viga bandeja 1- Vista de carga)

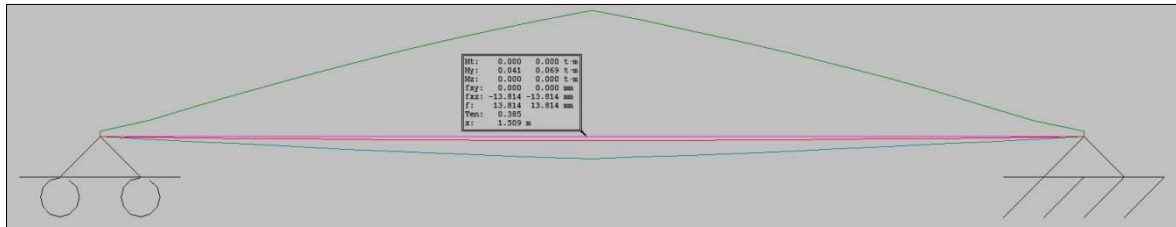


Fig. 1.3 (viga bandeja 1- Vista de envolventes)

1.4.2. Angulo soporte bandeja.

Flecha L/250

50 x 35 x 3 mm

$$(3.05 + 3.05 + 1 + 1) * 2.6 = 21.1 \text{ kg}$$

40 x 20 x 2 mm

$$(5 * 1.68) = 8.4 \text{ kg}$$

Chapa = 36 kg

Sobrecarga = 100 kg

$$\text{Carga distribuida} = \frac{165.5}{2(\text{barras}) * 1} = 82.75 \approx 83 \text{ kg/m}$$

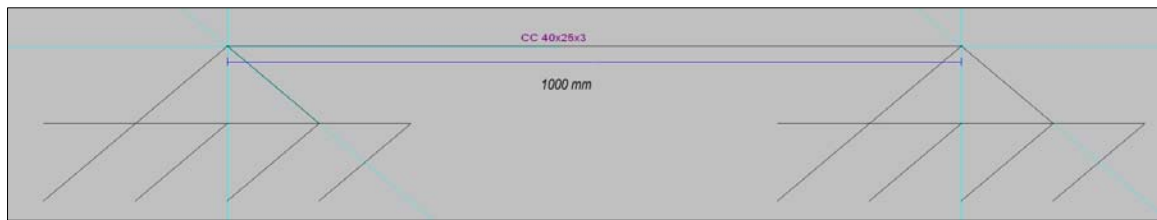


Fig. 1.1 (Angulo soporte bandeja 1 - Dimensión del perfil)



Fig. 1.2 (Angulo soporte bandeja 1- Vista de carga)

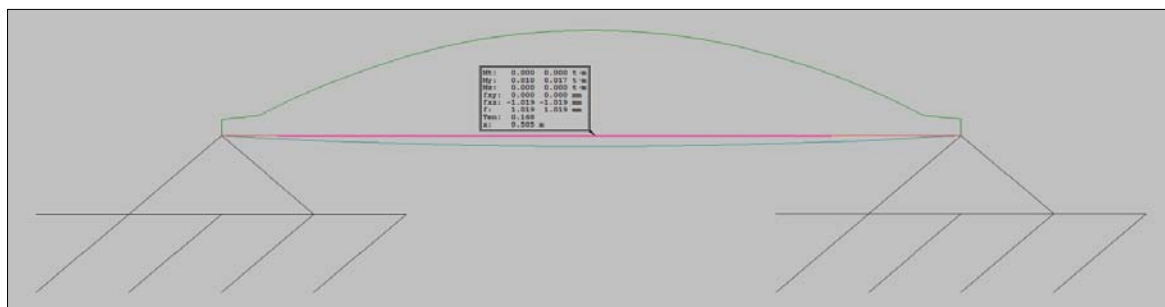


Fig. 1.3 (Angulo soporte bandeja 1- Vista de envolventes)

1.4.3. Viga - bandeja. 1000

Flecha: $L/250$

$$Sobrecarga = 100 \text{ kg}$$

$$\text{Peso chapa} = 1.5 \cdot 10^{-3} \cdot 0.5 \cdot 1 \cdot 7.9 \text{ (T/m}^3\text{)} = 5.9 \text{ kg} \approx 6 \text{ kg}$$

1.4.4. Total estructura con 40 bandejas

Para el cálculo usamos 3 bandejas (suposición del total), con cargas equivalentes al total

- $Sobrecarga = (100\text{ kg} * 40\text{ bandejas}) * \frac{1}{3} = 1333.3 \approx 1334\text{ kg}$ Carga puntual de cada bandeja

CALCULOS

$$\frac{1337}{2} = 667 \text{ kg carga de cada viga}$$

- *Peso propio = estructura 40x20x2 + chapa + vigas1 + vigas2*

$$= \left(1.68 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}}\right) * 5(\text{m}) * 40\text{bandejas}\right) + \left(1.5 * 10^{-3} * 3.05 * 1 * 7.9 \left(\frac{\text{T}}{\text{m}^3}\right) * 40\right) + \\ \left(3.54 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}}\right) * 3.05 * 2 * 40\right) + \left(3.54 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}}\right) * 2 * 1 * 40\right) = 336 + 1440 + 863.76 + \\ 283.2 = 2922.96 \approx 2923 \text{ kg}$$

- *Carga distribuida Vigas (angulo) = $(1.37 * 40 * 3 * 1.37) * \frac{1}{3} = 16.89 \approx 17 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$*

Al total del peso propio hay que quitarle el peso de las vigas utilizado (en este caso IPE 160)

$$\text{IPE} = 15.74 \text{ kg/m}$$

$$15.78 * 6(\text{vigas}) * 3.05 = 289 \text{ kg}$$

$$2923 - 289 = 2634 \text{ kg}$$

$$\text{Pasamos a carga lineal } \frac{2634}{3.05 * 2} = 431.8 \approx 432 \text{ kg}$$

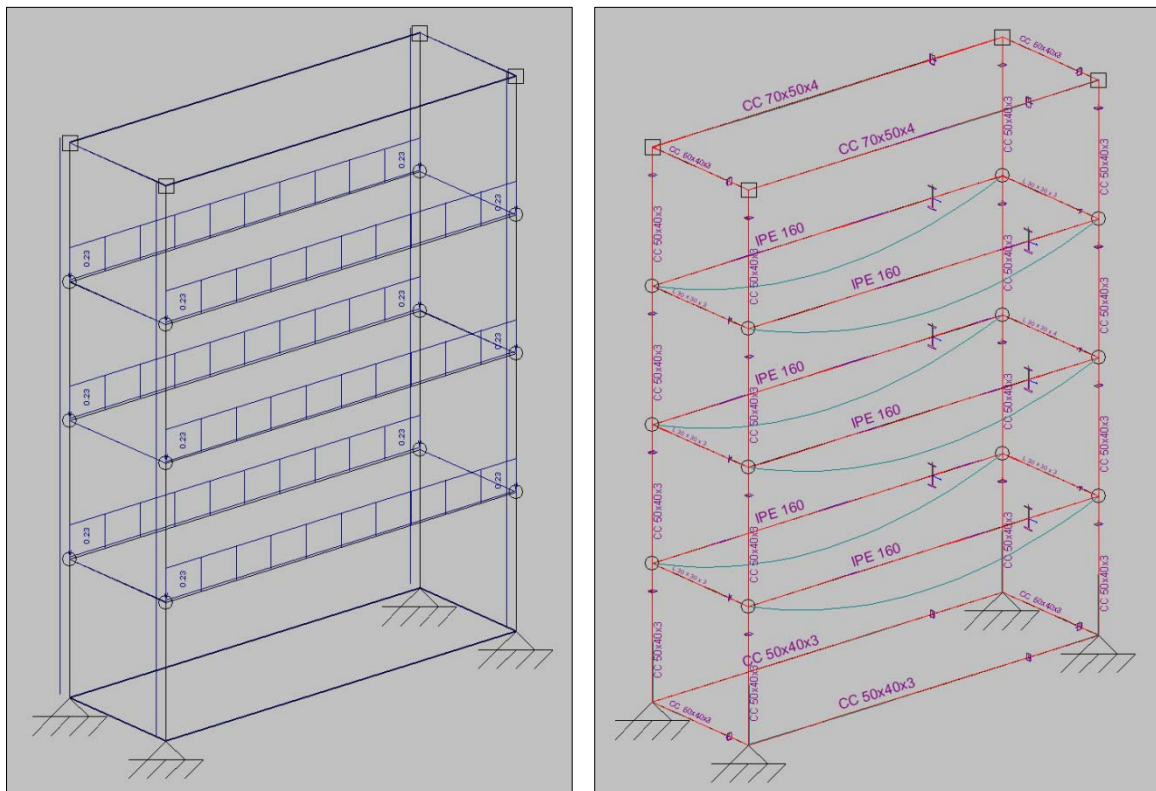
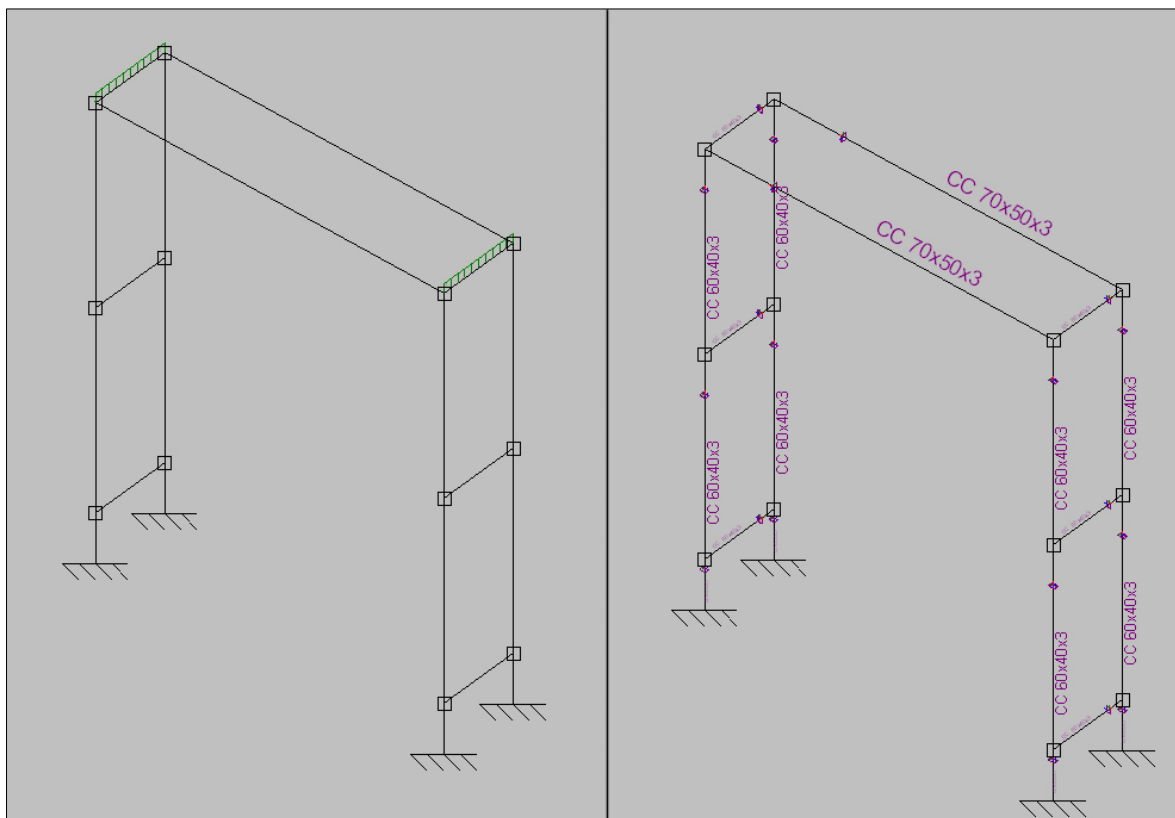


Fig. 1.4 (Estructura para alojamiento de bandejas - Vista de cargas y envolventes)

1.4.5. Estructura soporte móvil. [\(Informe CYPE\)](#)



2. Guía lineal con husillo y accionamientos - M1.

2.1. Consideraciones generales y definición de usos.

El movimiento 1(M1), se encarga de extraer la bandeja de los respectivos alojamientos, por tanto el peso que arrastran los husillos será el peso propio de la bandeja más el mecanismo de extracción (base móvil y sistema de agarre) y la carga alojada (retal). [Ver Planos.](#)

2.1.1. Datos disponibles.

Bandeja = 49,6 kg.

Mecanismo de extracción (carro y sistema de agarre) = 2+6 kg.

Carga Max. = 100 kg.

Velocidad final (Vf) = 0,1 m/s = 100 mm/s

Longitud útil del husillo = 1 m.

Tiempos de aceleración/desaceleración = 2 seg.

2.1.2. Vida útil del husillo.

Le queremos dar una vida útil de 15 años, por tanto hacemos la siguiente estimación:

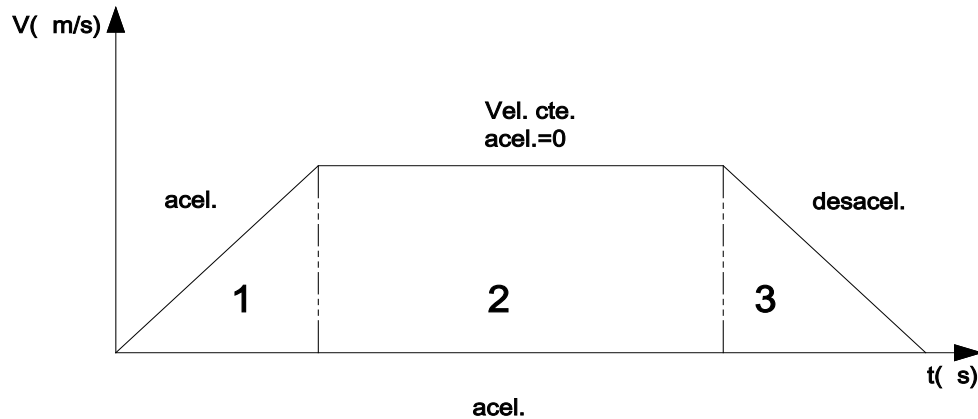
<i>Años</i>	<i>Semanas / año</i>	<i>Festivo/semana</i>	<i>Total días de uso</i>
<i>15</i>	<i>52</i>	<i>2</i>	<i>3915</i>
<i>Días laborales</i>	<i>Días festivos</i>	<i>Laborales - festivos</i>	<i>Horas (75% jornada)</i>
<i>15*365=5475</i>	<i>2*52*15=1560</i>	<i>5475-1560=3915</i>	<i>3915*6=23490</i>

El factor de uso de la maquina será del 75% de la jornada de trabajo que son 6 horas.

El factor de uso del husillo respecto a la maquina es del 35%.

2.1.3. El ciclo de trabajo.

Será función de v/t en mm/seg y su forma trapezoidal será suficiente para definir aceleración/deceleración y velocidad final. En el espacio de carrera útil del husillo.



2.1.4. Paso mínimo del husillo. (P_m)

Lo calculamos de manera que con la velocidad del accionamiento (motor elegido) se llegue a alcanzar la Velocidad máxima (V_{max}) exigida, en este caso $V_{max}=0.1$ m/s.

El rango de velocidades puede variar según el motor elegido (servomotor, motor AC o DC, paso a paso), en nuestro caso nos limitamos a 3000 las revoluciones por minuto máximas (r.p.m. max.) que son las máximas recomendadas en husillos. Por otro lado no necesitamos reductor a priori, ya que el par a vencer será mínimo pues el sistema de arrastre y parte de los movimientos se produce sobre rodamientos a bolas lo que disminuye el trabajo. Por tanto elegiremos entre un motor PaP o servomotor esto será al final del dimensionado del husillo y la guía lineal.

$$n = \frac{v}{p} 10^3 \quad \text{Donde}$$

n = velocidad de rotación (rpm)
 v = velocidad lineal (m/min)
 p = paso (mm)

$$P_m = \left\{ v \left(\frac{m}{s} \right) \mid \Omega(rpm) \right\} \begin{cases} rpm = 1000 \rightarrow P_{min}(0.1, 1000) = \frac{0.1 \cdot 60}{1000} * 1000 = 6 \\ rpm = 1200 \rightarrow P_{min}(0.1, 1200) = \frac{0.1 \cdot 60}{1200} * 1000 = 5 \\ rpm = 1500 \rightarrow P_{min}(0.1, 1500) = \frac{0.1 \cdot 60}{1500} * 1000 = 4 \\ rpm = 3000 \rightarrow P_{min}(0.1, 3000) = \frac{0.1 \cdot 60}{3000} * 1000 = 2 \end{cases}$$

En principio elegimos los intermedios 4 o 5, empezamos por el de paso=4 a ver si cumple los requisitos.

2.1.5. Resumen datos de cálculo.

(Ma) Mecanismo de extracción (carro y sistema de agarre) = 2+6 Kg.

(Mb) Masa Bandeja = 49,6 Kg.

(Mc) Carga Max. = 100 kg.

(MT) Mtotal = Ma + Mb + Mc = 8+49,6+100 = 157,6 kg. \approx 158 kg

Al ser el sistema simétrico este valor lo divido por dos, de esta manera centramos el cálculo en una parte del mecanismo.

(MT)/2 \approx 158/2 = 79 kg.

(Vh) vel. del husillo = 0.1 m/s = 100 mm/s.

(Lh) long. Útil del husillo = 1 m

(LT) long total del husillo = +10% de Lh (apoyos)

Vida útil = 23490 \approx 25000 h

(Tfh) tiempo funcionamiento husillo = 35% respecto a la maquina.

Apoyos ([ver catalogo](#)) nos interesa apoyo fijo-fijo. Rodamiento contacto angular.

Paso = 4mm

μ_h = 0,05 coeficiente rozamiento husillo (estático). Usamos este.

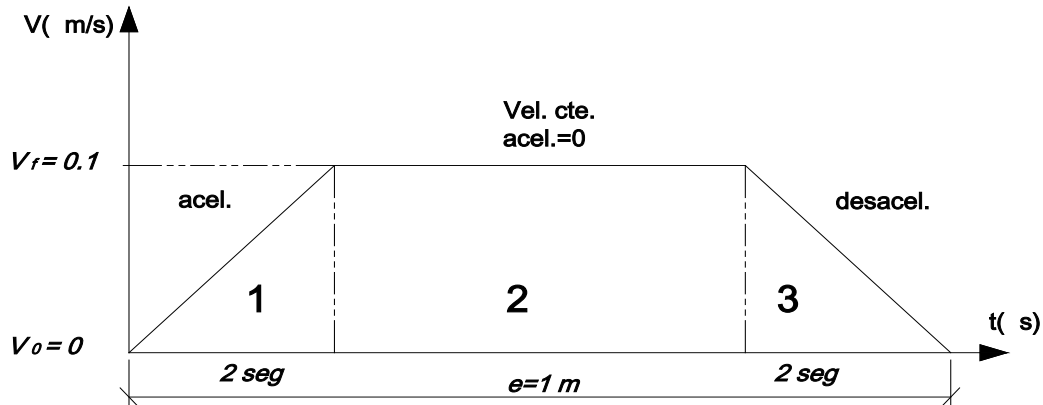
μ_{ac} = 0,74 coef. Roz. Acero sobre acero (estático). Usamos este.

μ_{acd} = 0,57 coef. Roz. Acero sobre acero (dinámico).

CALCULOS

2.2. Selección del husillo.

2.2.1. Ciclo de trabajo del husillo.



Zona 1: aceleración, aumento de velocidad de 0 a 0.1 m/s en $t_1 = 2 \text{ seg}$.

Zona 2: velocidad constante = 0.1 m/s

Zona 3: deceleración, disminución de la velocidad de 0.1 a 0 m/s en $t_3 = 2 \text{ seg}$.

2.2.2. Velocidad media (V_m). Calculo tiempo, espacio y aceleración por tramos.

$$\Delta vel \rightarrow e = V_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad ; \quad a = \frac{V_f - V_0}{t}$$

Zona 1

$$T_1 = 2 \text{ s.} \quad a_1 = \frac{V_{f1} - V_{01}}{t_1} = \quad e_1 = V_{01} t_1 + \frac{1}{2} a_1 t_1^2$$

$$V_{01} = 0 \text{ m/s} \quad a_1 = \frac{0.1 - 0}{2} = 0.05 \text{ m/s}^2 \quad e_1 = 0 * 2 + \frac{1}{2} 0.05 * 2^2 = 0.1 \text{ m}$$

$$V_{f1} = 0.1 \text{ m/s}$$

Zona 2

$$V_2 = 0.1 \text{ m/s} \quad e_2 = V_{02} t_2 + \frac{1}{2} a_2 t_2^2 \quad 1 = 0.1 * t_2 + \frac{1}{2} * 0 * t_2^2$$

$$e_t = 1 \text{ m} \quad t_2 = \frac{e_2}{V_2} \quad e_2 = e_T - e_1 - e_3 = 1 - 0.1 - 0.1 = 0.8 \text{ m}$$

$$t_2 = \frac{0.8}{0.1} = 8 \text{ s.}$$

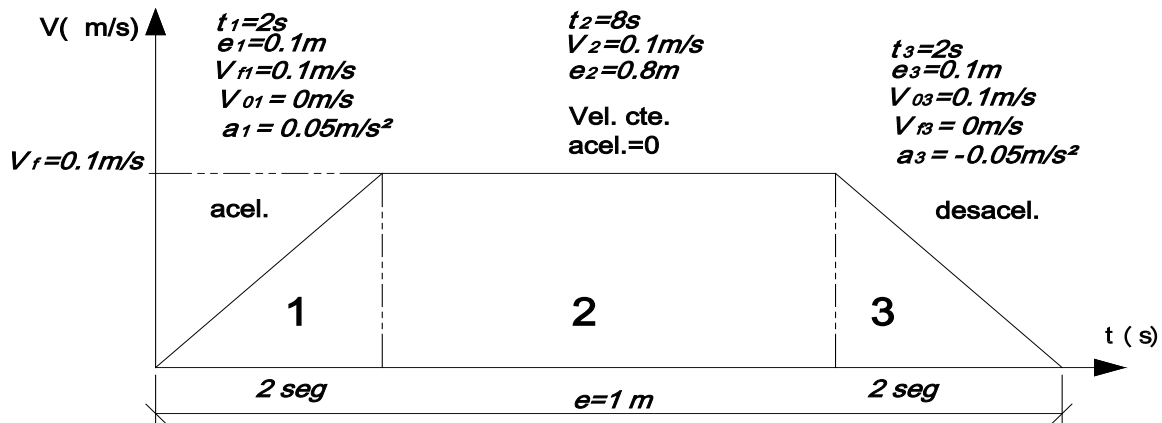
Zona 3

$$T_3 = 2 \text{ s.} \quad -a_3 = a_1 = -0.05 \text{ m/s}^2 \quad e_3 = e_1 = 0.1 \text{ m}$$

$$V_{03} = 0.1 \text{ m/s}$$

$$V_{f3} = 0 \text{ m/s}$$

CALCULOS



2.2.3. Velocidad de giro del husillo por tramos.

$$n = \frac{v}{p} 10^3 \text{ donde}$$

n = velocidad de rotación (rpm)
 v = velocidad lineal (m/min)
 p = paso (mm)

Zona 1 y 3

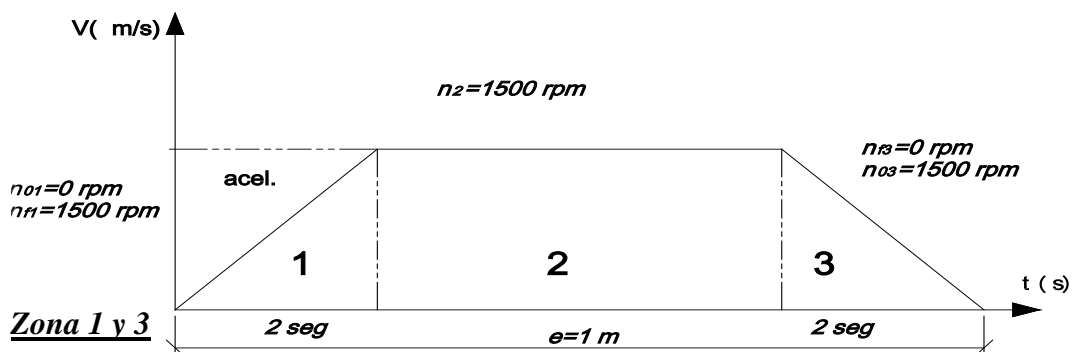
$$n_1 = n_3 = \frac{v}{p} 10^3 = \frac{0.1}{4} 10^3 = 25 * 60 = 1500 \text{ r.p.m.}$$

Zona 2

$$n_2 = \frac{0.1}{4} 10^3 * 60 = 1500 \text{ r.p.m.}$$

2.2.4. Velocidad media por tramo.

$$n_{\text{media}} = \frac{n_{\min} + 2n_{\max}}{3}$$



CALCULOS

$$n_{1media} = n_{3media} = \frac{0 + 2 * 1500}{3} = 1000 \text{ rpm}$$

Zona 2

$$n_{2media} = \text{cte} = 1500 \text{ rpm}$$

2.2.5. Velocidad media total (n_m).

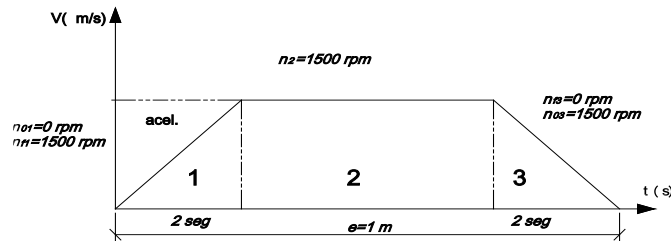
$$n_m = \frac{t_1}{100} n_1 + \frac{t_2}{100} n_2 + \frac{t_3}{100} n_3 ; \text{ El tiempo en cada tramo se representa en porcentajes.}$$

$$n_m = \frac{16.67}{100} 1000 + \frac{66.67}{100} 1500 + \frac{16.67}{100} 1000 = 166.7 + 999.9 + 166.7 = 1333.3 \text{ rpm}$$

$$\begin{cases} t_1 = 2s \rightarrow 16.67\% \\ t_2 = 8s \rightarrow 66.66\% \\ t_3 = 2 \rightarrow 16.67\% \end{cases} \quad \begin{array}{l} 12 \text{ segundos es el tiempo total de} \\ \text{recorrido representa el 100\%.} \end{array}$$

2.2.6. Calculo de la fuerza media, (F_m).

$$\sum F = m * a$$



Zona 1

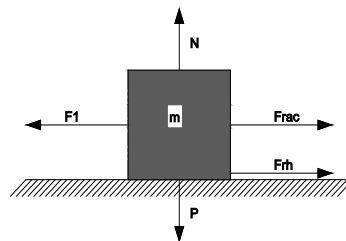
$$M_T/2 = 79 \text{ kg}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\mu_h = 0,05 \text{ coef. Roz. Estat.}$$

$$\mu_{ac} = 0,74 \text{ coef. Roz. Estat.}$$

$$a_1 = 0,05 \text{ m/s}^2$$



La Normal igual al Peso:

$$\text{Peso} = mg$$

$$\text{Peso} = 79 * 9.81 \approx 775N$$

$$\sum F_1 = m * a_1;$$

$$F_1 - \text{Frac} - Frh = m * a_1$$

$$F_1 = m * a_1 + \mu_{ac} * m * g + \mu_h * m * g$$

$$F_1 = 79 * 0,05 + 0,74 * 79 * 9.81 + 0,05 * 79 * 9.81 = 616.2 \approx 617N$$

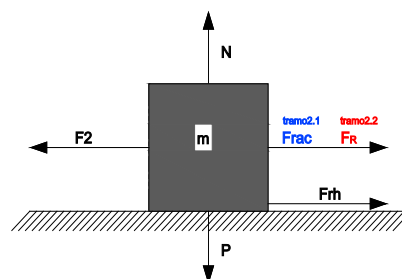
Zona 2

$$M_T/2 = 79 \text{ kg}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\mu_h = 0,05 \text{ coef. Roz. Estat.}$$

$$\mu_{ac} = 0,74 \text{ coef. Roz. Estat.}$$



CALCULOS

$$\mu_R = 0,01 \text{ coef. Roz. Estat.}$$

$$a_2 = 0 \text{ m/s}^2$$

Zona 2. Tramo 2.1

$$\sum F_2 = m \cdot a_2 = 79 \cdot 0 = 0$$

$$F_{21} - F_{rac} - F_{rh} = 0$$

$$F_{21} = \mu_{acd} \cdot m \cdot g + \mu_h \cdot m \cdot g$$

$$F_{21} = 0,57 \cdot 79 \cdot 9,81 + 0,05 \cdot 79 \cdot 9,81 = 480,5 \text{ N}$$

Zona 2. Tramo 2.2

$$\sum F_2 = m \cdot a_2 = 79 \cdot 0 = 0$$

$$F_{22} - F_{r_R} - F_{rh} = 0$$

$$F_{22} = \mu_R \cdot m \cdot g + \mu_h \cdot m \cdot g$$

$$F_{21} = 0,01 \cdot 79 \cdot 9,81 + 0,05 \cdot 79 \cdot 9,81 = 46,5 \text{ N}$$

En nuestro caso elegimos la fuerza más elevada del tramo es decir la de 480,5 N (tramo 2.1)

Zona 3

$$M_T/2 = 79 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

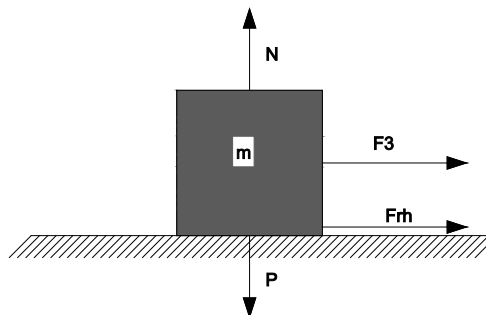
$$\mu_h = 0,05 \text{ coef. Roz. Estat.}$$

$$a_2 = -0,05 \text{ m/s}^2$$

$$\sum F_3 = -m \cdot a_3$$

$$F_3 - F_{rh} = 0$$

$$F_3 = -0,05 \cdot 79 \cdot 9,81 - 79 \cdot 0,05 = -38,75 - 3,95 = -42,7 \text{ N}$$



2.2.7. Cálculo de la fuerza media total, (Fm).

$$F_m = \sqrt[3]{F_1^3 \cdot \frac{n_1}{nm} \cdot \frac{t_1^*}{100} + F_2^3 \cdot \frac{n_2}{nm} \cdot \frac{t_2^*}{100} + F_3^3 \cdot \frac{n_3}{nm} \cdot \frac{t_3^*}{100}}$$

CALCULOS

* Porcentaje de trabajo del husillo en cada tramo.

Datos:

$$F1 = 617 \text{ N}$$

$$F2 = 480.5 \text{ N}$$

$$F3 = -42.7 \text{ N}$$

$$n1 = 1000 \text{ rpm}$$

$$n2 = 1500 \text{ rpm}$$

$$n3 = 1000 \text{ rpm}$$

$$nm = 1333.33 \text{ rpm}$$

$$t1 = 16.67\%$$

$$t2 = 66.66\%$$

$$t3 = 16.67\%$$

$$Fm = \sqrt[3]{617^3 * \frac{1000}{1333.33} * \frac{16.67}{100} + 480.5^3 * \frac{1500}{1333.33} * \frac{66.67}{100} + (-42.7)^3 * \frac{1000}{1333.33} * \frac{16.67}{100}}$$

$$Fm = \sqrt[3]{29366584.67 + 82948354.57 - 9733.78} = 482.46 \text{ N}$$

$$Fm = 482.46 \text{ N}$$

2.2.8. Capacidad de carga requerida (Ca)

$$Ca = 0.01 Fm (60 * nm * fm * lh)^{\frac{1}{3}}$$

Ca = capacidad de carga requerida

Fm = Fuerza media

Nm = velocidad media

fm = factor de utilización

Lh = duración, vida en horas

Datos:

$$Fm = 482.46 \text{ N}$$

$$nm = 1333.33 \text{ rpm}$$

$$fm = 35\% = 0.35$$

$$Lh = 25000 \text{ h}$$

$$Ca = 0.01 * 482.46 * (60 * 1333.33 * 0.35 * 25000)^{\frac{1}{3}}$$

$$Ca = 4283.78 \text{ N} \approx 4284 \text{ N}$$

- Características husillo.

$$\text{Paso (P)} = 4 \text{ mm}$$

Capacidad de carga (Ca) = 4284 N → Ca seleccionado > 4284. [Ver catalogo.](#)

Tipo de tuerca = tuerca con doble brida

CALCULOS

2.2.9. Cálculo de la longitud del husillo.

$$L_{\text{husillo}} = L_{\text{recorrido}} + L_{\text{tuerca o apoyo}} + P$$

$$L_{\text{recorrido}} = 1 \text{ m.}$$

$$L_{\text{tuerca}} = 180 \text{ mm} = 0.18 \text{ m}$$

$$P = 4 \text{ mm} = 0.004 \text{ m}$$

$$L_{\text{husillo}} = 1 + 0.18 + 0.04 = 1.184 \text{ m}$$

Añadiendo el 10% para apoyos $1.184 \times 1.1 = 1.3 \text{ m}$

$$L_{\text{husillo}} = 1.3 \text{ m.}$$

2.2.10. Comprobación de la velocidad crítica, (n_{cr})

$$N_{\text{max}} < n_{cr}$$

$$N_{\text{adm}} = n_{cr} * f_{cr} * Ca$$

$$L_{\text{husillo}} = 1.3 \text{ m.}$$

L = longitud entre apoyos $\approx 1.2 \text{ m}$.

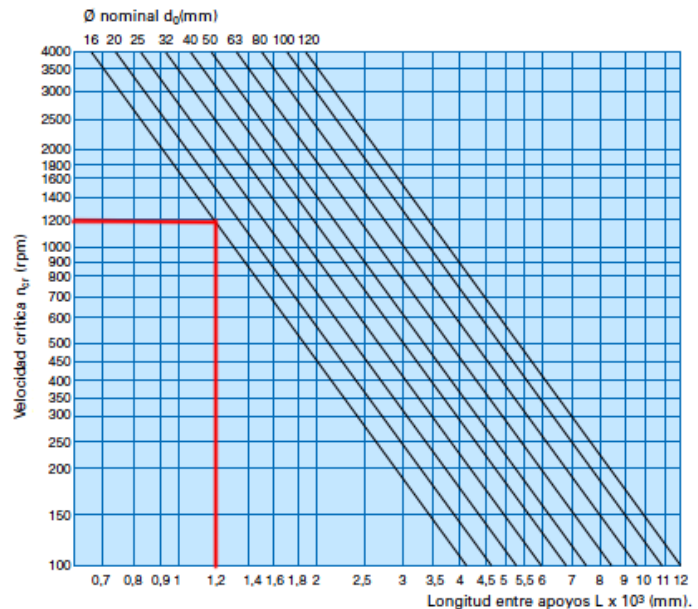
ϕ diámetro nominal del

husillo = 16 mm

De la tabla obtenemos 1200 rpm




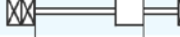
Aproximadamente.

$$n_{cr} = 1200 \text{ rpm}$$



2.2.11. El factor de corrección (f_{cr}).

Según tipo de montaje será uno u otro en nuestro caso es empotrado - empotrado

Tipo de montaje	K1	λ	f_{cr}
	40	1,9	0,35
	120	π	1
	180	3,95	1,45
	270	4,75	2,25

Factor de corrección

Lo hemos señalado con el recuadro rojo:

$$f_{cr} = 2.25$$

$C = \text{coeficiente de seguridad máximo} = 0,8$ (dato del fabricante)

$$N_{adm} = n_{cr} * f_{cr} * Ca$$

$$N_{adm} = 1200 * 2.25 * 0.8 = 2160 \text{ rpm} > 1333.33 \text{ rpm}$$

El husillo cumple con la condición de vel. máxima admisible.

2.2.12. Comprobación carga de pandeo.

La carga máxima admisible debe ser superior a la carga aplicada al husillo

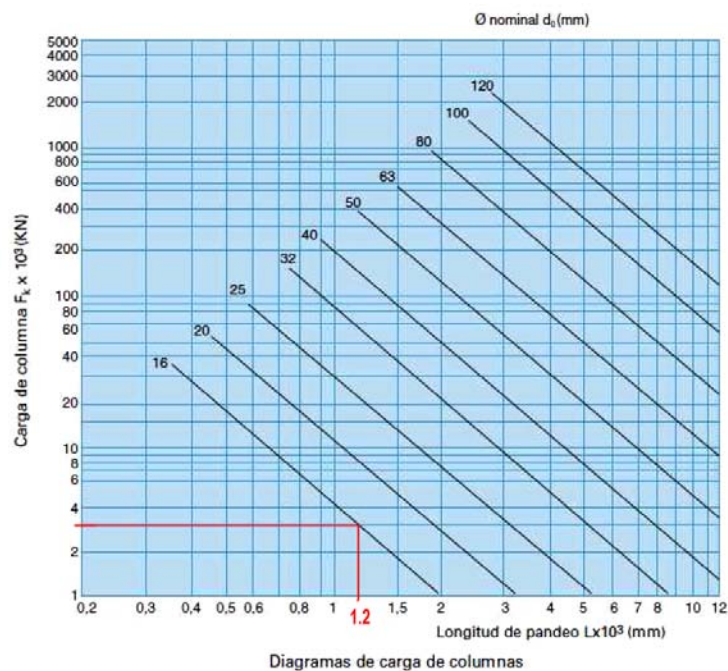
Carga máxima admisible de compresión.

$$F_{adm} = f_k * f_c * c$$

$$f_k = 3200 \text{ N (ver tabla)}$$

Long. de pandeo = Long. entre apoyos

$$\phi \text{ nominal} = 16 \text{ mm}$$



CALCULOS

El factor de corrección por tipo de montaje para el pandeo.


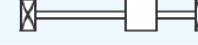


$$f_c = 4.$$

$$F_{adm} = f_k \cdot f_c \cdot c$$

$$F_{adm} = 3200 \cdot 4 \cdot 0.8 = 10240 \text{ N}$$

F_{adm} = Máxima carga permitida, que será menor o igual que C_0 capacidad de carga estática (N).

$$F_{adm} \leq C_0$$

Tipo de montaje	f_c
	0,25
	1
	2
	4

Factor de corrección

TUERCA DOBLE CON BRIDA

Tipo : DBS

DOUBLE NUT WITH FLANGE

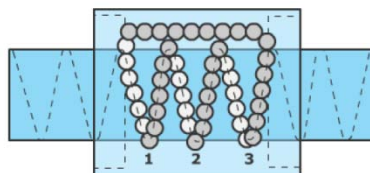
Type: DBS

Referencia Type	Diámetro Diameter (d ₀)	Paso Lead (Ph)	Diam. bolas Ball diameter (Dw)	D _{pw}	d ₂	Circuitos Circuits (i)	Capacidad de carga Load rating		Rigidez / Rigidity	
							C ₀ (N)	C _A (N)	R _{s1} (N/μm-m)	R _{n0} (N/μm)
DBS-1204-2	12	4	2,381	12,66	10,279	2	5591	3165	19,9	92,3
DBS-1204-3						3	8387	4485		136,0
DBS-1204-4						4	11183	5744		179,0
DBS-1205-2	12	5	2,381	12,66	10,279	2	5576	3162	19,9	92,8
DBS-1205-3						3	8364	4481		136,7
DBS-1604-2	16	4	2,381	16,66	14,279	2	8660	4045	37,0	126,3
DBS-1604-3						3	12989	5732		186,1
DBS-1604-4						4	17319	7341		244,9
EDBS-1605						2	12090	6399		130,8
DBS-1605-3	16	5	3,5	17	13,5	3	18135	9069	34,8	192,8
DBS-1605-4						4	24180	11615		253,8
DBS-1610-2	16	10	3,5	17	13,5	2	11935	6372	34,8	132,9
DBS-1610-3						3	17903	9030		195,7

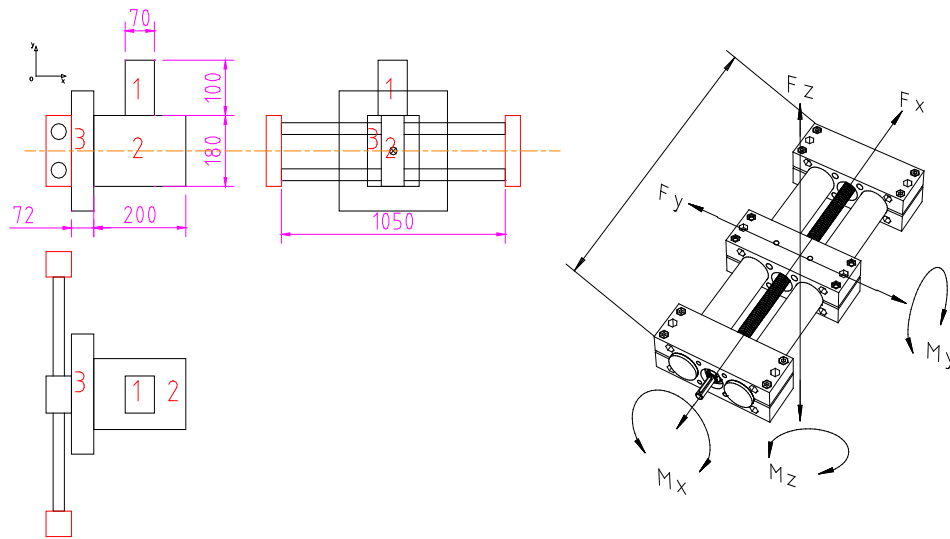
$$F_{adm} \leq C_0 \rightarrow 10240 < 12989 \text{ (N)}$$

$$C_{a\text{seleccionado}} > C_{a\text{calculado}} \rightarrow 5732 > 4284 \text{ (N)}$$

Hemos seleccionado el de 3 circuitos de bolas que cumplen de sobra nuestros requerimientos.



2.3. Selección de las guías lineales.



2.3.1. Centro de gravedad del carro, por porciones.

$$\bar{x} = \frac{M_1 * X_1 + M_2 * X_2 + \dots + M_n * X_n}{M_1 + M_2 + \dots + M_n}$$

$$\bar{y} = \frac{M_1 * Y_1 + M_2 * Y_2 + \dots + M_n * Y_n}{M_1 + M_2 + \dots + M_n}$$

$$x_1 = \frac{70}{2} + 100 = 135mm \quad ; \quad x_2 = \frac{200}{2} + 72 = 172mm \quad ; \quad x_3 = \frac{72}{2} = 36mm$$

$$y_1 = \frac{100}{2} + 90 = 140mm \quad ; \quad y_2 = \frac{180}{2} = 90mm \quad ; \quad y_3 = \frac{216}{2} = 108mm$$

2.3.2. Masa de cada porción y total del conjunto

- (M'_{1_1}) Actuador del mecanismo de extracción = 1.5 kg
- (M'_{1_2}) Chapas de ensamble conjunto actuador-chapa sujeción = 3 kg
- (M'_{1_3}) Base del carro, sujeta a patín guía lineal-husillo = 1 kg

Masa total mecanismo extracción bandeja (M'_I)

$$M'_I = M'_{1_1} + M'_{1_2} + M'_{1_3} = 1.5 + 3 + 1 = 5.5 \text{ kg}$$

$$\bar{x} = \frac{1.5 * 135 + 3 * 172 + 1 * 36}{5.5} = \frac{754.5}{5.5} = 137.18mm$$

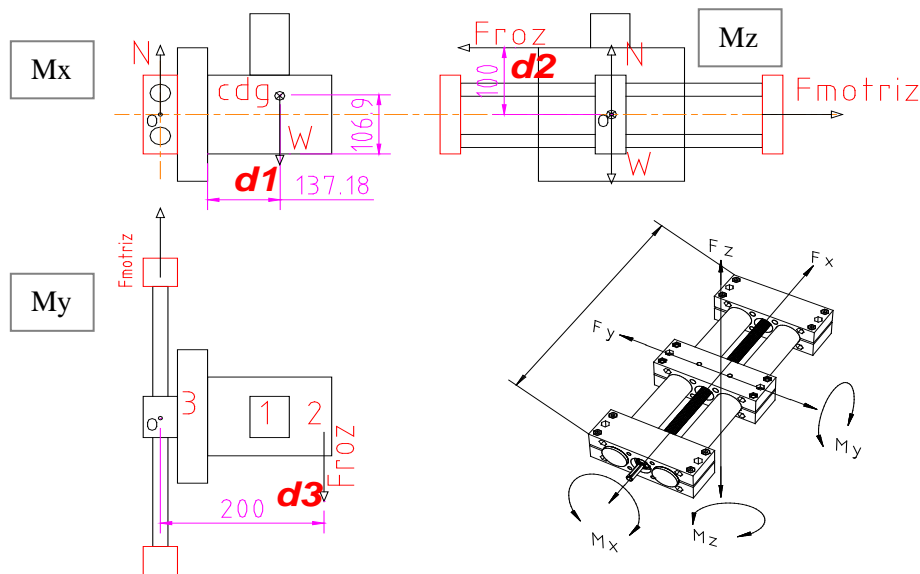
$$\bar{y} = \frac{1.5 * 140 + 3 * 90 + 1 * 108}{5.5} = \frac{588}{5.5} = 106.9mm$$

2.3.3. Calcular la Velocidad, Aceleración, Tiempo y Distancia Recorrida en Cada Tramo.

Este punto coincide con el 1.2.1 y 1.2.2. Tanto el ciclo de trabajo como las velocidades aceleraciones y espacio recorrido.

2.3.4. Carga sobre el patín. (caso más desfavorable tramo 1).

Es el más desfavorable ya que la carga a arrastrar esta en reposo sobre los apoyos. Recordamos que las bandejas descansan sobre los ángulos (apoyos), su coeficiente de rozamiento estático (acero-acero) $\mu_{ac} = 0.74$



Datos:

$$M'_1 = 5.5kg$$

$$m = 79kg, \text{viene de 1.1.5}$$

$$\mu_{ac} = 0.74 \text{viene de 1.1.5}$$

$$d1 = 137.18mm = 0.13718m$$

$$d2 = 100mm = 0.1m$$

$$d3 = 200mm = 0.2m$$

	Fx		Fy		Fz			Mx	My	Mz	ly	lz
lungh. complessiva [mm] longitud total [mm]	500	500	1000	1500	500	1000	1500					
Tipo Tipos												
EP 18	400	200	100	–	100	70	–	20	30	35	1,03	21,39
EP 30	800	1000	800	500	550	300	100	60	60	75	3,47	46,57
EP 40	1000	3500	2600	1300	2000	580	120	120	130	150	14,84	198,06
EP 50	1700	3800	2300	2050	3000	670	170	160	200	260	30,81	319,84
EP 60	2500	6600	5400	4900	6000	2600	330	300	340	480	65,88	795,90
EP 80	4500	11000	9000	7500	8000	4800	700	400	530	620	237,41	3168,98

CALCULOS

$$\sum O_x = 0 ; W \cdot d1 = 0 ; M'_1 \cdot g \cdot d1 = 5.5 \cdot 9.81 \cdot 0.13718 = 7.4 \text{ N}$$

$$\sum O_y = 0 ; F_{roz} \cdot d3 = 0 ; \mu_{ac} \cdot m \cdot g \cdot d3 = 0.74 \cdot 79 \cdot 9.81 \cdot 0.2 = 114.7 \text{ N}$$

$$\sum O_z = 0 ; F_{roz} \cdot d2 = 0 ; \mu_{ac} \cdot m \cdot g \cdot d2 = 0.74 \cdot 79 \cdot 9.81 \cdot 0.1 = 57.35 \text{ N}$$

Elegimos la guía lineal EP 50, que cumple con cierto margen de seguridad nuestros requerimientos.

2.4. Cálculo del par y potencia del motor, selección del motor.

2.4.1. Rendimiento.

$$P = 4 \text{ mm} \quad \tan \varphi = \frac{P}{\pi \cdot d_n} = \frac{4}{\pi \cdot 16} = 0.079 \rightarrow \varphi = \arctan 0.079 = 4.55^\circ$$

$$D_n = 16 \text{ mm} \quad \varphi = 4.55^\circ$$

$$\mu = 0.05 \quad \eta_1 = \frac{1 - \mu \tan \varphi}{1 + \frac{\mu}{\tan \varphi}} = \frac{1 - 0.05 \cdot 0.079}{1 + \frac{0.05}{\tan 0.079}} = 0.93 \rightarrow \eta_1 = 0.93$$

$$\eta_1 = 0.93$$

2.4.2. Par.

$$F_{max} = 617 \text{ N (tramo I)} \quad M_a = \frac{F_{max} \cdot P \cdot s1 \cdot w}{2000 \cdot \pi \cdot \eta_1} + M_1 = \frac{617 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 1.22}{2000 \cdot \pi \cdot 0.93} + 1.25 \approx 2.28 \text{ Nm}$$

$$P = 4 \text{ mm} \quad M_a = 0.43 \text{ Nm}$$

$$\eta_1 = 0.93$$

$s1 = 1.2$ -2. Factor de seguridad

$w = 1.22$. Coef. de fricción

$M_1 = 125 \text{ Ncm}$ con cojinete deslizante. Par resistente (guía lineal-husillo). [Ver catalogo.](#)

$$M_1 = 1.25 \text{ Nm}$$

2.4.3. Potencia.

$$M_a = 2.28 \text{ Nm}$$

$$n_{M1} = 1000 \text{ rpm (vel. giro husillo para } F_{max}.)$$

CALCULOS

$$P = \frac{Ma * n}{9550} = \frac{2.28 * 1000}{9550} = 0.239kw = 239w$$

Es recomendable multiplicar este valor por un factor de seguridad que va de 1.5 a 2

2.4.4. Selección del motor.

$n_m = 1333.33 \text{ rpm}$; $Ma = 0.43 \text{ Nm}$; $P = 239 \text{ w}$. con factor seg.=2 $\rightarrow P = 2 * 239 = 478 \text{ w}$

9C series technical details

Type	Continuous torque at zero speed T_{cs} [Nm]	Current at continuous torque I_{cs} [A]	Rated torque T_{rat} [Nm]	Rated current I_{rat} [A]	Rated speed n_{rat} [r/min]	Rated frequency f_{rat} [Hz]	Mechanical rated power P_{rat} [kW]	Peak torque T_{pk} [Nm]	Current at peak torque I_{pk} [A]	Torque constant k_T [Nm/A]	B.e.m.f. between phases at rated speed V [V]	Moment of inertia of rotor J_M [kgcm ²]	Moment of inertia of rotor + brake J_M with brake [kgcm ²]	Weight W [kg]
9C1.1.30...M	1.4	1.3	1.3	1.4	3000	250	0.41	4.1	4.5	1.147	208	0.57	0.62	3.0
9C1.2.30...M	2.3	1.8	2	1.7	3000	250	0.63	6.9	6.1	1.440	261	1.04	1.09	3.9
9C1.3.30...M	3.2	2.7	2.8	2.5	3000	250	0.88	9.6	9.0	1.350	245	1.51	1.56	4.8
9C1.4.30...M	4.2	3.3	3.5	2.9	3000	250	1.10	12.6	11.1	1.440	261	1.99	2.04	5.7
9C1.1.60...M	1.4	2.1	1.2	2.0	6000	500	0.75	4.1	7.1	0.720	261	0.57	0.62	3.0
9C1.2.60...M	2.3	3.6	1.6	2.7	6000	500	1.01	6.9	12.1	0.720	261	1.04	1.09	3.9
9C1.3.60...M	3.2	5.2	2.3	3.9	6000	500	1.45	9.6	17.3	0.702	255	1.51	1.56	4.8
9C1.4.60...M	4.2	6.5	2.5	4.1	6000	500	1.57	12.6	21.6	0.738	268	1.99	2.04	5.7

Seleccionamos el 9C1.2.30M que cumple con lo establecido y nos da margen de seguridad.

Elegiremos para este caso (M1) la opción sin encoder ni freno. [Ver catalogo.](#)

2.5. Selección de acoplamientos.

Debemos tener en cuenta los siguientes valores:

- Par máximo a transmitir.
- Velocidad máxima.
- Diámetros máximos y mínimos a unir

9C1.2.30M (motor)

Par_{Max} = 6.9 Nm

Vmax = 3000 rpm

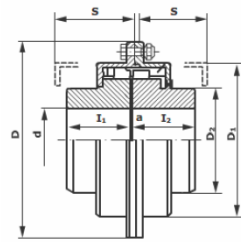
Extremo eje $\phi = 14 \text{ mm}$

DBS-1604-3 (husillo)

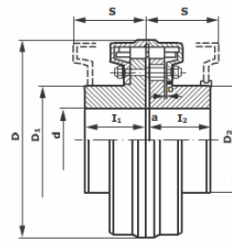
Par = 0.43 Nm

Vmax = 1333,33 rpm

Extremo eje $\phi = 16 \text{ mm}$



Tamaño A... B...



Tamaño C... D...

Tamaño	$\frac{P(kW)}{n}$	T_n	n	DIMENSIONES mm									J	Peso
		Nominal Nm	Velocidad Max. r.p.m	d. max.	d. min.	D	D ₁	D ₂	I ₁ = I ₂	a min.	b	s	Kgm ²	Kg
A88	0,0038	37,5	4800	25	10	88	66	38	40	1	3	63	0,0014	2
A120	0,0071	70	3650	40	15	120	90	56	45	1	3	65	0,0073	5
A125	0,014	140	3650	40	15	120	90	56	45	1	3	65	0,0073	5
A155	0,023	225	3100	54	20	155	120	75	55	1	5	85	0,018	8,5
A175	0,041	400	2750	68	20	175	142	95	60	1	5	85	0,034	12,5
A195	0,066	650	2450	82	20	195	162	115	70	1	5	85	0,063	17,5

El acoplamiento **A88** cumple con las condiciones impuestas para elemento motriz y receptor.

3. Guía lineal con correa dentada y accionamientos - M2.

3.1. Consideraciones generales y definición de usos.

El movimiento 2 (M2), se encarga de posicionar la bandeja en el alojamiento deseado para la extracción o inserción del retal. Este sistema mecánico implica el movimiento de las partes de su estructura más las del movimiento 1 (M1). El sistema está compuesto por una estructura metálica a la que van empotradas las guías lineales con sus correspondientes accionamientos. [Ver planos.](#)

3.1.1. Datos disponibles.

$$M1 \left\{ \begin{array}{l} \text{Bandeja} = 49,6 \text{ kg.} \\ \text{Mecanismo de extracción (carro y sistema de agarre)} = 2+6 \text{ Kg.} = 8 \text{ kg} \\ \text{Carga Max.} = 100 \text{ kg.} \end{array} \right.$$

$$M2 \left\{ \begin{array}{l} \text{Estructura M1} = 15 \times 2 = 30 \text{ kg} \\ \text{Carro de elevación} = 5 \times 2 = 10 \text{ kg} \end{array} \right.$$

$$Vel_{max} = 200 \text{ mm/s} = 0.2 \text{ m/s}$$

$$Vel_{min} = 100 \text{ mm/s} = 0.1 \text{ m/s}$$

$$\text{Longitud de carrera efectiva} = 4 \text{ m.}$$

$$\text{Distancia de aproximación y posicionamiento} = 0.04 \text{ m} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Condiciones de trabajo} = T^a \text{ ambiente, polvo de acero, baja humedad.}$$

3.1.2. Vida útil del sistema M2 (guías lineales con correa dentada).

Le queremos dar una vida útil de 15 años, por tanto hacemos la siguiente estimación:

Años	Semanas / año	Festivo/semana	Total días de uso
15	52	2	3915
Días laborales	Días festivos	Laborales - festivos	Horas (75% jornada)
15*365=5475	2*52*15=1560	5475-1560=3915	3915*6=23490

El factor de uso de la maquina será del 75% de la jornada de trabajo que son 6 horas. El factor de uso de la correa respecto a la maquina es del 95%.

3.1.3. El ciclo de trabajo.

Está dividido en dos curvas que corresponden a carga y descarga. Se puede realizar en los dos sentidos. (Inicialmente con carga o sin carga).

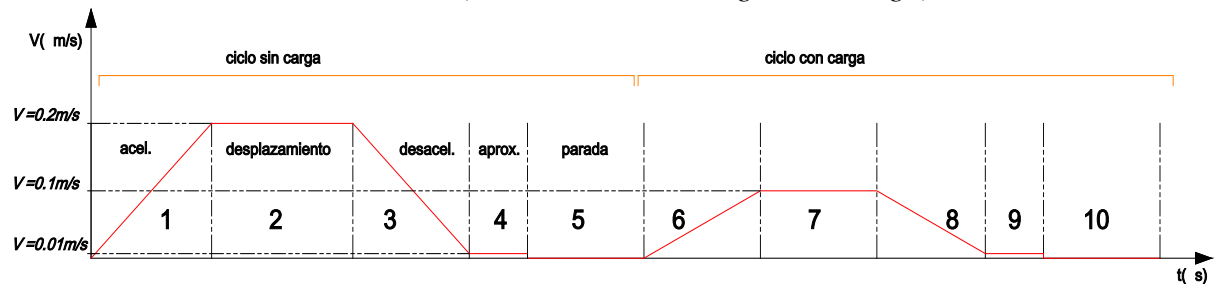


Fig. 2.1

3.1.4. Velocidad media (Vm). Calculo tiempo, espacio y aceleración por tramos.

En la figura 2.2 puede verse el perfil simplificado de dos módulos (estanterías) con sus respectivos alojamientos y el sistema móvil M2, con un movimiento de vaivén vertical controlado, hasta la posición deseada, una vez alcanzada esta, es acompañado por el sistema M1 con un movimiento de vaivén horizontal para insertar/extraer la bandeja.

$$\Delta vel \rightarrow e = V_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad ; \quad a = \frac{V_f - V_0}{t}$$

- Ciclo inicialmente sin carga

Zona 1. (Aceleración)

$$t_1 = 2 \text{ s.}$$

$$V_{01} = 0 \text{ m/s}$$

$$V_{f1} = 0.2 \text{ m/s}$$

$$a_1 = \frac{V_{f1} - V_{01}}{t_1} =$$

$$a_1 = \frac{0.2 - 0}{2} = 0.1 \text{ m/s}^2$$

$$e_1 = V_{01} t_1 + \frac{1}{2} a_1 t_1^2$$

$$e_1 = 0 * 2 + \frac{1}{2} 0.1 * 2^2 = 0.2 \text{ m}$$

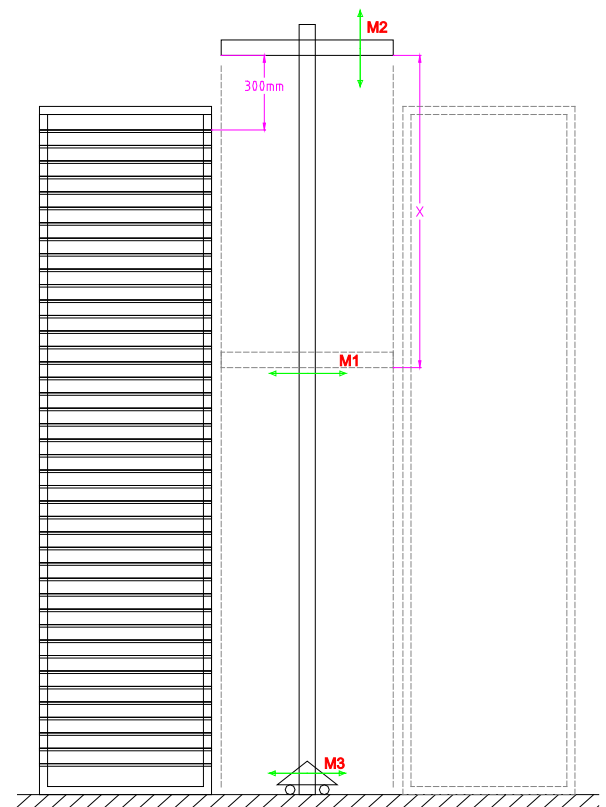


Fig. 2.2

CALCULOS

Zona 2. (Desplazamiento)

$$*t_2 = \Delta x \text{ s.} \quad a_2 = \frac{0-0}{2} = 0 \text{ m/s}^2$$

$$V_2 = \text{cte. m/s} \quad e_2 = V_2 * \Delta x + \frac{1}{2} 0 * \Delta x^2 = V_2 * \Delta x$$

$$e_2 = V_2 * \Delta x \text{ m}$$

**t₂. Sera variable en función del alojamiento al que deba desplazarse.*

Zona 3. (Deceleración)

$$t_3 = 2 \text{ s.}$$

$$V_{03} = 0,2 \text{ m/s} \quad a_3 = \frac{0,01-0,2}{2} = -0,095 \text{ m/s}^2$$

$$V_{f3} = 0,01 \text{ m/s} \quad e_3 = 0,2 * 2 + \frac{1}{2} (-0,095) * 2^2 = 0,21 \text{ m}$$

Zona 4.* (Aproximación)

$$t_4 = \quad e_4 = V_4 * t_4$$

$$V_4 = 0,01 \text{ m/s} \quad t_4 = \frac{e_4}{v_4} = \frac{0,04}{0,01} = 4 \text{ s.}$$

$$e_4 = 0,04 \text{ m (distancia hasta posicionamiento)}$$

Zona 5.* (Posición de carga/descarga)

$$t_5 = (x) \text{ s.} \quad t_5, \text{ viene determinado por el tiempo de carga/descarga de la bandeja.}$$

$$V_5 = 0 \text{ m/s} \quad \text{Si nos remitimos al punto 1.2.2 vemos que el ciclo de trabajo (M1)}$$

$$e_5 = 0 \text{ m} \quad \text{es de 12 segundos. Por tanto } t_5 = t_{\text{ciclo M1}} * 2 = 12 * 2 = 24 \text{ s.}$$

**Nota: Conviene ver en detalle la transición del estado 4 al 5. Podemos observar un pequeño error de desplazamiento, que será corregido por programación sobre PLC.*

Transición 4/5

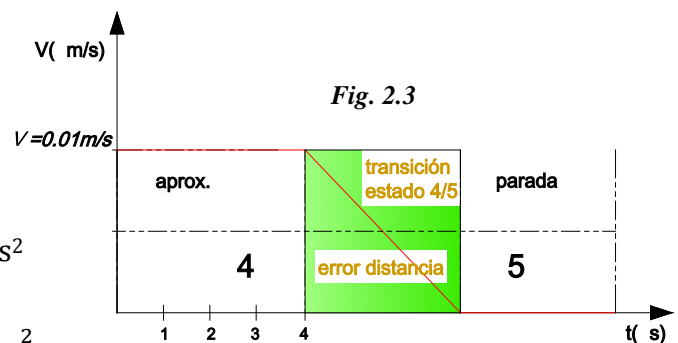
$$t_{4/5} = 1 \text{ s.}$$

$$V_{04} = 0,01 \text{ m/s} \quad a_{4/5} = \frac{V_{f5} - V_{04}}{t_{4/5}} =$$

$$V_{f5} = 0 \text{ m/s} \quad a_{4/5} = \frac{0 - 0,01}{1} = -0,01 \text{ m/s}^2$$

$$e_{4/5} = V_{04} t_{4/5} + \frac{1}{2} a_{4/5} t_{4/5}^2$$

$$e_{4/5} = 0,01 * 1 + \frac{1}{2} (-0,01 * 1^2) = 0,005 \text{ m} = 5 \text{ mm}$$



CALCULOS

Zona 6. (Aceleración con carga)

$$t_6 = 2 \text{ s.}$$

$$a_6 = \frac{0.1-0}{2} = 0,05 \text{ m/s}^2$$

$$V_{06} = 0 \text{ m/s}$$

$$V_{f6} = 0.1 \text{ m/s} \quad e_6 = 0 * 2 + \frac{1}{2} 0.05 * 2^2 = 0.1 \text{ m} = 100 \text{ mm}$$

Zona 7. (Desplazamiento con carga)

$$t_7 = (x) \text{ s.} \quad e_7 = 0,1 * t_7 =$$

$V_7 = 0,1 \text{ m/s}$ (cte.) t_7 es variable en función de la distancia del alojamiento hasta lugar de reposo de M2.

Zona 8. (Deceleración hasta reposo M2)

$$t_8 = 2 \text{ s.}$$

$$a_8 = \frac{0.01-0.1}{2} = -0,045 \text{ m/s}^2$$

$$V_{08} = 0,1 \text{ m/s}$$

$$V_{f8} = 0,01 \text{ m/s} \quad e_8 = 0,1 * 2 + \frac{1}{2} (-0,045) * 2^2 = 0.11 \text{ m} = 110 \text{ mm}$$

Zona 9. (Aproximación hasta M2/M3)

$$t_9 =$$

$$e_9 = V_9 * t_9$$

$$V_9 = 0,01 \text{ m/s}$$

$$t_9 = \frac{e_9}{v_9} = \frac{0,04}{0,01} = 4 \text{ s.}$$

$e_9 = 0,04 \text{ m}$ (distancia hasta transición de M2 a M3)

Zona 10. (Modo de espera o transición a M3)

$$t_{10} = [1 - 5] \text{ s}$$

Sera función del tiempo necesario para el chequeo de los sistemas de seguridad, antes de proceder al movimiento M3 (movimiento de traslación), lo estimamos entre 1 y 5 segundos.

• Ciclo inicialmente con carga

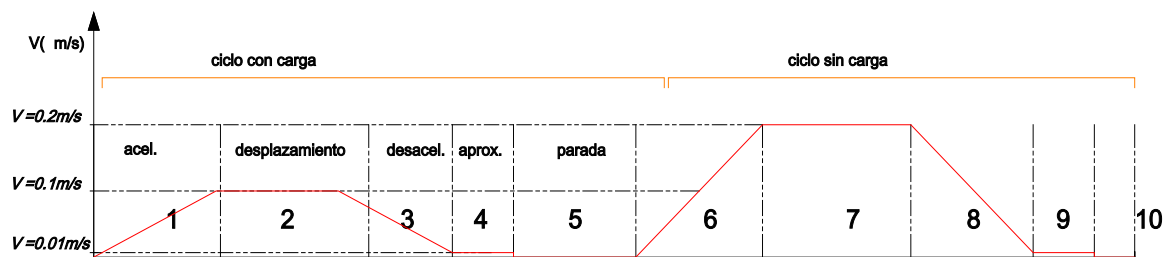


Fig. 2.4

CALCULOS

Zona 1. (Aceleración)

$$t_1 = 2 \text{ s.}$$

$$V_{01} = 0 \text{ m/s}$$

$$V_{f1} = 0.1 \text{ m/s}$$

$$a_1 = \frac{V_{f1} - V_{01}}{t_1} =$$

$$a_1 = \frac{0.1 - 0}{2} = 0.05 \text{ m/s}^2$$

$$e_1 = V_{01}t_1 + \frac{1}{2}a_1t_1^2$$

$$e_1 = 0 * 2 + \frac{1}{2}0.05 * 2^2 = 0.1 \text{ m} = 100 \text{ mm}$$

Zona 2. (Desplazamiento)

$$*t_2 = \Delta x \text{ s.}$$

$$V_2 = \text{cte. } 0.1 \text{ m/s}$$

$$e_2 = V_2 * \Delta x \text{ m}$$

$$a_2 = \frac{0 - 0}{2} = 0 \text{ m/s}^2$$

$$e_2 = V_2 * \Delta x + \frac{1}{2}0 * \Delta x^2 = V_2 * \Delta x$$

* t_2 . Sera variable en función del alojamiento al que deba desplazarse.

Zona 3. (Deceleración)

$$t_3 = 2 \text{ s.}$$

$$V_{03} = 0.1 \text{ m/s}$$

$$V_{f3} = 0.01 \text{ m/s}$$

$$a_3 = \frac{0.01 - 0.1}{2} = -0.045 \text{ m/s}^2$$

$$e_3 = 0.1 * 2 + \frac{1}{2}(-0.045) * 2^2 = 0.11 \text{ m} = 110 \text{ mm}$$

Zona 4. * (Aproximación)

$$t_4 =$$

$$V_4 = 0.01 \text{ m/s}$$

$$e_4 = 0.04 \text{ m (distancia hasta posicionamiento)}$$

$$e_4 = V_4 * t_4$$

$$t_4 = \frac{e_4}{v_4} = \frac{0.04}{0.01} = 4 \text{ s.}$$

Zona 5. * (Posición de carga/descarga)

$$t_5 = (x) \text{ s.}$$

$$V_5 = 0 \text{ m/s}$$

$$e_5 = 0 \text{ m}$$

t_5 , viene determinado por el tiempo de carga/descarga de la bandeja.

Si nos remitimos al punto 1.2.2 vemos que el ciclo de trabajo (M1)

es de 12 segundos. Por tanto $t_5 = t_{\text{cicloM1}} * 2 = 12 * 2 = 24 \text{ s.}$

**Nota: Conviene ver en detalle la transición del estado 4 al 5. Podemos observar un pequeño error de desplazamiento, que será corregido por programación sobre PLC.*

CALCULOS

Transición 4/5

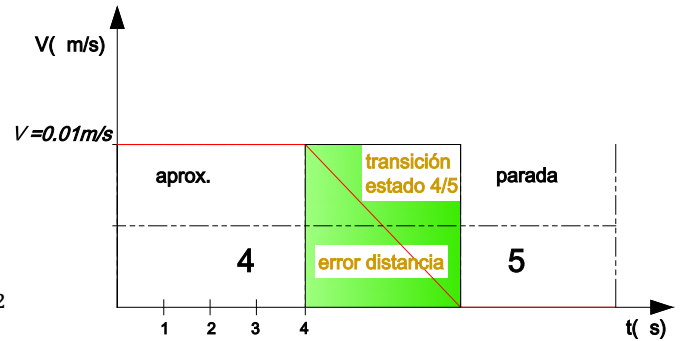
$$t_{4/5} = 1 \text{ s.}$$

$$V_{04} = 0,01 \text{ m/s} \quad a_{4/5} = \frac{V_{f5} - V_{04}}{t_{4/5}} =$$

$$V_{f5} = 0 \text{ m/s} \quad a_{4/5} = \frac{0 - 0,01}{1} = -0,01 \text{ m/s}^2$$

$$e_{4/5} = V_{04} t_{4/5} + \frac{1}{2} a_{4/5} t_{4/5}^2$$

$$e_{4/5} = 0,01 * 1 + \frac{1}{2} (-0,01 * 1^2) = 0,005 \text{ m} = 5 \text{ mm}$$



Zona 6. (Aceleración con carga)

$$t_6 = 2 \text{ s.}$$

$$a_6 = \frac{0,2 - 0}{2} = 0,1 \text{ m/s}^2$$

$$V_{06} = 0 \text{ m/s}$$

$$V_{f6} = 0,2 \text{ m/s} \quad e_6 = 0 * 2 + \frac{1}{2} 0,1 * 2^2 = 0,2 \text{ m} = 200 \text{ mm}$$

Zona 7. (Desplazamiento con carga)

$$t_7 = (x) \text{ s.} \quad e_7 = 0,1 * t_7 =$$

$V_7 = 0,2 \text{ m/s (cte.)}$ t_7 es variable en función de la distancia del alojamiento hasta lugar de reposo de M2.

Zona 8. (Deceleración hasta reposo M2)

$$t_8 = 2 \text{ s.}$$

$$a_8 = \frac{0,01 - 0,1}{2} = -0,045 \text{ m/s}^2$$

$$V_{08} = 0,2 \text{ m/s}$$

$$V_{f8} = 0,01 \text{ m/s} \quad e_8 = 0,2 * 2 + \frac{1}{2} (-0,045) * 2^2 = 0,21 \text{ m} = 210 \text{ mm}$$

Zona 9. (Aproximación hasta M2/M3)

$$t_9 =$$

$$e_9 = V_9 * t_9$$

$$V_9 = 0,01 \text{ m/s}$$

$$t_9 = \frac{e_9}{v_9} = \frac{0,04}{0,01} = 4 \text{ s.}$$

$$e_9 = 0,04 \text{ m (distancia hasta transición de M2 a M3)}$$

Zona 10. (Modo de espera o transición a M3)

$$t_{10} = \text{Indefinido.}$$

Para este ciclo que es de descarga, el sistema permanece en stand by, a la espera de una nueva orden de carga, tanto como para entrega a corte como para almacenaje.

CALCULOS

3.2. Selección de las guías lineales.

3.2.1. Calcular el c. d. g de todo el Conjunto.

Primero simplificamos el mecanismo a su estructura más simple en este caso rectángulos,

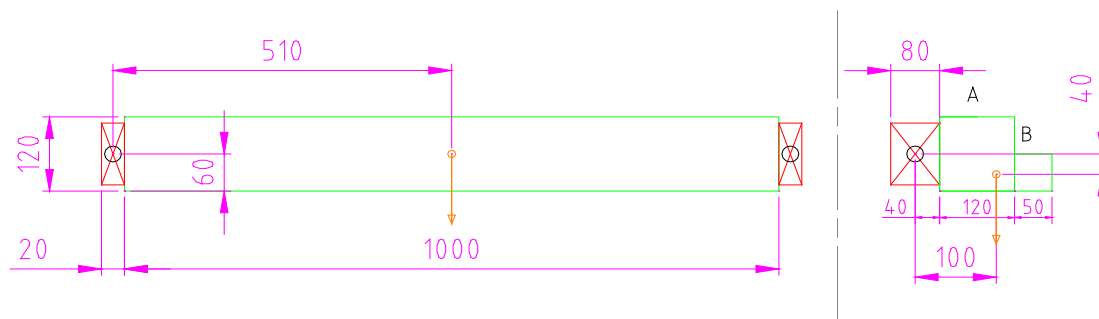


Fig. 2.5

Tenemos la vista simplificada del mecanismo M1 y M2 de perfil y de alzado. El peso viene dado por los datos enunciados en el punto 2.1.1:

$$A = \text{Mecanismo de extracción} + (\text{Estructura M1})/2 + (\text{Carro de elevación})/2 =$$

$$A = 8 + 15 + 5 = 28 \text{ kg}$$

$$B = (\text{Bandeja} + \text{Carga Max.}) =$$

$$B = (49,6 + 100)/2 = 74,8 \text{ kg}$$

$$M2_T = 28*2 + 74,8*2 = 205,6 \text{ kg}$$

A

B

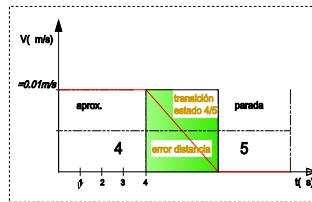
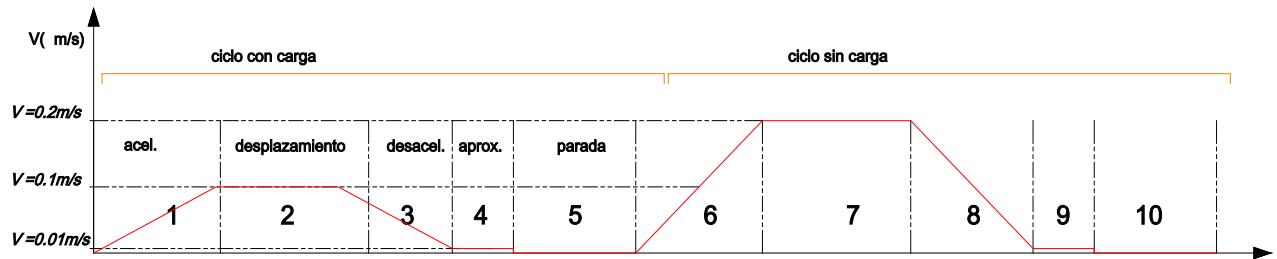
$$x1 = \frac{120}{2} = 60 \text{ mm}$$

$$x2 = \frac{50}{2} = 25 \text{ mm}$$

$$y1 = \frac{120}{2} = 60 \text{ mm}$$

$$y2 = \frac{50}{2} = 25 \text{ mm}$$

3.2.2. Cálculo de las cargas actuantes sobre los patines.



Zona 1: Aceleración con carga.

Zona 2: Velocidad constante con carga.

Zona 3: Deceleración con carga hasta velocidad de aproximación.

Zona 4: Velocidad constante de aproximación.

Zona 5: Parada de descarga.

Zona 6: Aceleración sin carga.

Zona 7: Velocidad constante de desplazamiento.

Zona 8: Deceleración hasta velocidad de aproximación.

Zona 9: Velocidad de aproximación a zona de espera.

Zona 10: Posición de parada o modo espera.

CALCULOS

Datos comunes:

$$dx = 1 \text{ m}$$

$$dy = 0.15 \text{ m}$$

$$dz = 0.2 \text{ m}$$

$$M_{2T} = 205,6 \text{ kg. (Masa total estructura } M_2 + \text{ bandeja y peso max.)}$$

$$\mu_1 = \mu_2 = 0.01 \text{ (guías lineales externas, solo para desplazamiento)}$$

$$\mu_3 = 0.1 \text{ (guía lineal central, con accionamiento y transmisión por correa dentada)}$$

$$F = \text{fuerza aplicada (accionamiento motor con reductor)}$$

$$T = \text{tensión de la correa}$$

$$Fr_T = \text{fuerza de rozamiento total (} fr_1 + fr_2 + fr_3 \text{)}$$

$$W = \text{peso total } M_{2T}/2 = 205,6/2 = 102,8 \text{ kg.}$$

$$\text{Cargas sobre los patines} = P_1 = P_2 = P_3$$

$$P_1 = P_2 = P_3 \rightarrow \text{Ec. De equilibrio } P_1 + P_2 + P_3 = P \rightarrow 3P_1 = P$$

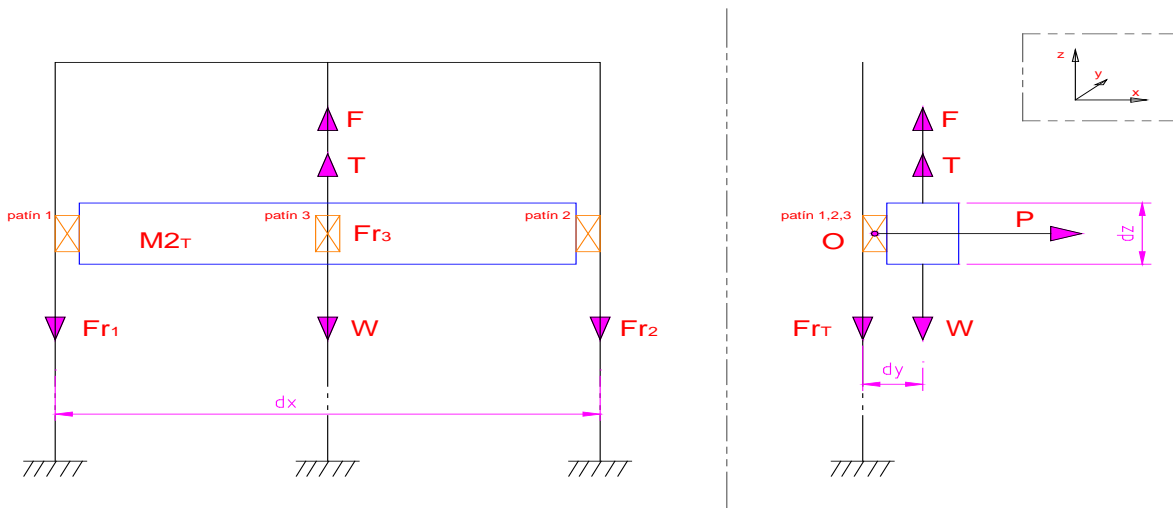


Fig. 2.6

Tramo 1

$$a_1 = 0.05 \text{ m/s}^2$$

$$e_1 = 0.1 \text{ m}$$

Ecuaciones de equilibrio de fuerzas:

$$\sum F_z = 0;$$

$$F + T - Fr_1 - Fr_2 - Fr_3 - W = 0$$

CALCULOS

$$\sum F_y = 0;$$

$$P_1 + P_2 + P_3 - P' = 0 \rightarrow P - P' = 0$$

$$P_1 + P_2 + P_3 = 3P$$

Aplicamos momentos:

$$\sum M_O = 0 ;$$

$$-W * dy + T * dy + F * dy = 0$$

$$-\frac{m_{T2}}{2} * g * dy + T * dy + \frac{m_{T2}}{2} * a_1 * dy = 0$$

$$-102.8 * 9.81 * 0.15 + T * 0.15 + 0.05 * 102.8 * 0.15 = 0$$

$$T = 1008.47 - 5.14 = 1003.33N$$

$$T = 102.28 \text{ kgF}$$

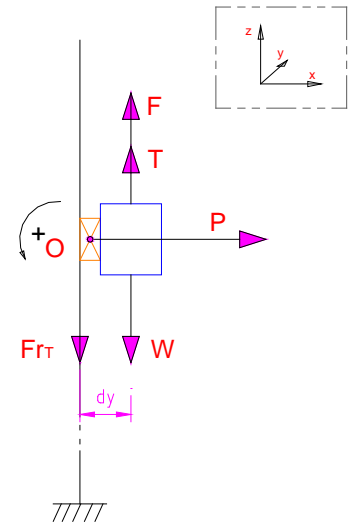


Fig. 2.7

$$\sum M_{O'} = 0 ;$$

$$P * \frac{dz}{2} + Fr_T * dy = 0$$

$$P * \frac{0.2}{2} + Fr_T * 0.15 = 0$$

$$Fr_T = Fr_1 + Fr_2 + Fr_3 = (\mu_1 + \mu_2) * \frac{m_{T2}}{2} * g + \mu_3 * \frac{m_{T2}}{2} * g$$

$$Fr_T = 0.02(102.8 * 9.81) + 0.1 * 102.8 * 9.81 =$$

$$Fr_T = 20.17 + 100.85 = 121.02N$$

$$P = -\frac{121.02 * 0.15}{0.1} = -181.53N$$

$$P = 18.5 \text{ kgF}$$

$$P_1 = P_2 = P_3 = \frac{P}{3} = \frac{18.5}{3} = 6.2 \text{ kgF}$$

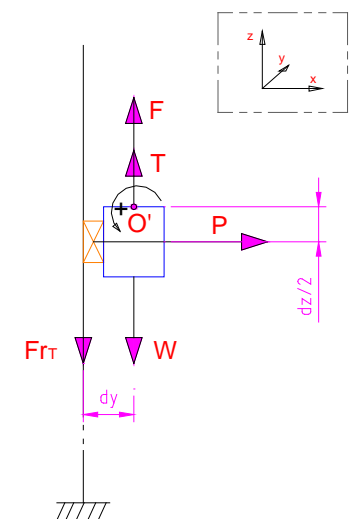


Fig. 2.8

CALCULOS

$$\sum M O' = 0 ;$$

$$P * \frac{dz}{2} + Fr_T * dy = P * \frac{dz}{2} + \left[(\mu_1 + \mu_2) * \frac{m_{T2}}{2} * g + \mu_3 * \frac{m_{T2}}{2} * g \right] * dy$$

De la formula sobre la carga en los patines se deduce que a carga máxima siempre presenta la misma carga puntual, ya que las variables implicadas no cambian a lo largo del ciclo con carga, que es el que nos interesa calcular.

Tramo 2

$$a_2 = 0$$

$$V_2 = 0.1 \text{ m/s}$$

e₂ = Al ser esta variable, para el cálculo de la carga media usaremos la más desfavorable

Aplicamos momentos:

$$\sum M O = 0 ;$$

$$-W * dy + T * dy + F * dy = 0$$

$$-W + T = 0$$

$$-102.8 * 9.81 * 0.15 + T * 0.15 + 0 = 0$$

$$T = W \rightarrow T = -1008,45 \text{ N} = 102.8 \text{ kgF}$$

Tramo 3

$$t_3 = 2 \text{ s.}$$

$$a_3 = -0.045 \text{ m/s}^2$$

$$e_3 = 0.11 \text{ m}$$

CALCULOS

Aplicamos momentos:

$$\sum \mathcal{M}O = 0 ;$$

$$-W * dy + T * dy + F * dy = 0$$

$$-M_{2T} * g + T + M_{2T} * a_3 = 0$$

$$-102.8 * 9.81 + T + 102.80 * (-0.045) = 0$$

$$-T = -1008.47 - 4.63 = 1013.1N = 103.27kgf$$

Tramo 4

$$a_4 = 0$$

$$V_4 = 0.1 \text{ m/s (cte.)}$$

$$e_4 = 40 \text{ mm} = 0.04 \text{ m}$$

Aplicamos momentos:

$$\sum \mathcal{M}O = 0 ;$$

$$-W * dy + T * dy + F * dy = 0$$

$$dy(-W + T) + m * 0 * dy = 0$$

$$W = T = \frac{M_{2T}}{2} * g = 102.8 * 9.81 = 1008.47N = 102.8 \text{ kgf}$$

Tramo 5

$$t_5 = 24 \text{ s. (dato pag. 19 - zona 5)}$$

$$a_5 = 0 \text{ m/s}^2$$

$$e_5 = 0 \text{ m}$$

CALCULOS

En este tramo el peso disminuye, debido a que libera la bandeja y el retal en su respectivo alojamiento:

$$A = \text{Mecanismo de extracción} + (\text{Estructura M1})/2 + (\text{Carro de elevación})/2 =$$

$$A = 8 + 15 + 5 = 28 \text{ kg}$$

$$B = (\text{Bandeja} + \text{Carga Max.}) =$$

$$B = (49,6 + 100)/2 = 74,8 \text{ kg}$$

$$M2T = 28*2 + 74,8*2 = 205,6 \text{ kg}$$

$$M2' = \text{sin carga sin bandeja} = 28 \text{ kg} * 2 = 56 \text{ kg.}$$

Aplicamos momentos:

$$\sum^+ MO = 0 ;$$

$$-W * dy + T * dy + F * dy = 0$$

$$-W + T = 0$$

$$\frac{M2'}{2} * g = T = 28 * 9.81 = 274.7 \text{ N} = 28 \text{ kgF}$$

$$\sum^+ MO' = 0 ;$$

$$P * \frac{dz}{2} + Fr_T * dy = 0$$

$$P * \frac{0.2}{2} + Fr_T * 0.15 = 0$$

$$Fr_T = Fr_1 + Fr_2 + Fr_3 = (\mu_1 + \mu_2) * \frac{M2'}{2} * g + \mu_3 * \frac{M2'}{2} * g$$

$$Fr_T = 0.02(28 * 9.81) + 0.1 * 28 * 9.81 =$$

$$Fr_T = 5.5 + 27.5 = 33 \text{ N}$$

CALCULOS

$$P = -\frac{33 * 0.15}{0.1} = -49.5N$$

$$P = 5.04 \text{ kgF}$$

$$P_1 = P_2 = P_3 = \frac{P}{3} = \frac{5.04}{3} = 1.68 \text{ kgF}$$

Tramo 6

$$a_6 = 0,1 \text{ m/s}^2$$

$$e_6 = 0,2 \text{ m} = 200 \text{ mm}$$

$$t_6 = 2 \text{ s.}$$

Aplicamos momentos:

$$\sum M_O = 0 ;$$

$$W * dy + T * dy + F * dy = 0$$

$$-\frac{M_2'}{2} * g * dy + T * dy + \frac{M_2'}{2} * a_6 * dy = 0$$

$$-28 * 9.81 * 0.15 + T * 0.15 + 0.1 * 28 * 0.15 = 0$$

$$T = 274.7 - 2.8 = 271.9N$$

$$T = 27.72 \text{ kgF}$$

Tramo 7

$$V_7 = 0,2 \text{ m/s}$$

$$a_7 = 0 \text{ m/s}^2$$

$$e_7 = \Delta(z) \text{ m}$$

$$t_7 = \Delta(z)/V_7 \text{ s}$$

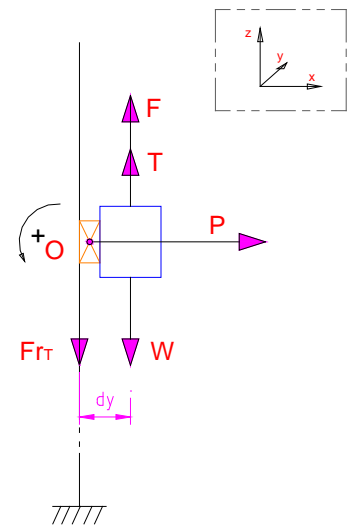


Fig. 2.7

CALCULOS

Aplicamos momentos:

$$\sum^+ M_O = 0 ;$$

$$W * dy + T * dy + F * dy = 0$$

$$-\frac{M_2'}{2} * g * dy + T * dy + \frac{M_2'}{2} * a_7 * dy = 0$$

$$-28 * 9.81 * 0.15 + T * 0.15 + 0 * 28 * 0.15 = 0$$

$$T = 274.7N$$

$$T = 28 \text{ kgF}$$

Tramo 8

$$a_8 = -0.1 \text{ m/s}^2$$

$$e_8 = 0.2 \text{ m} = 200 \text{ mm}$$

$$t_8 = 2 \text{ s.}$$

Aplicamos momentos:

$$\sum^+ M_O = 0 ;$$

$$W * dy + T * dy + F * dy = 0$$

$$\frac{M_2'}{2} * g * dy + T * dy + \frac{M_2'}{2} * (-a_8) * dy = 0$$

$$-28 * 9.81 * 0.15 + T * 0.15 - 0.1 * 28 * 0.15 = 0$$

$$T = 274.7 + 2.8 = 277.5N$$

$$T = 28.3 \text{ kgF}$$

CALCULOS

Tramo 9

$$V_9 = 0,01 \text{ m/s}$$

$$a_9 = 0 \text{ m/s}^2$$

$$e_9 = 0.04 \text{ m}$$

$$t_9 = 4 \text{ s}$$

Aplicamos momentos:

$$\sum^+ MO = 0 ;$$

$$-W * dy + T * dy + F * dy = 0$$

$$dy(-W + T) + m * 0 * dy = 0$$

$$W = T = \frac{M2'}{2} * g = 28 * 9.81 = 274.7 \text{ N} = 28 \text{ kgf}$$

Tramo 10

Posición de parada o modo espera.

Los valores se pueden considerar los mismo al tramo 9.

3.2.3. *Calculo de la carga media (P_m).*

$$P_m = \sqrt[n]{\frac{1}{L} (P_1^3 * L_1 + P_2^3 * L_2 + \dots + P_n^3 * L_n)}$$

L = Longitud total del recorrido.

P_m = Carga media.

P_1 = Carga que soporta el patín en el tramo 1 (la más desfavorable).

CALCULOS

$L_1 =$ Longitud del tramo 1.

$P_2 =$ Carga que soporta el patín en el tramo 2 (la más desfavorable).

$L_2 =$ Longitud del tramo 2.

$P_n =$ Carga que soporta el patín en el tramo n (la más desfavorable).

$L_n =$ Longitud del tramo n .

$n = 3$ Sistema de bolas.

$n = \frac{10}{3}$ Sistema de rodillos.

Tramo 1. (Patín 1)

- Recorrido: $0.1 \text{ m} = 100 \text{ mm}$
- Fuerza: 6.2 kgF

Tramo 2. (Patín 1)

- Recorrido: $4 \text{ m} = 4000 \text{ mm}$
- Fuerza: 102.8 kgF

Tramo 3. (Patín 1)

- Recorrido: $0.11 \text{ m} = 110 \text{ mm}$
- Fuerza: 103.27 kgF

Tramo 4. (Patín 1)

- Recorrido: $0.04 \text{ m} = 40 \text{ mm}$
- Fuerza: 102.8 kgF

Tramo 5. (Patín 1)

- Recorrido: 0 m
- Fuerza: 1.68 kgF

Tramo 6. (Patín 1)

- Recorrido: $0.2 \text{ m} = 200 \text{ mm}$
- Fuerza: 27.62 kgF

Tramo 7. (Patín 1)

- Recorrido: $4 \text{ m} = 4000 \text{ mm}$
- Fuerza: 1.68 kgF

Tramo 8. (Patín 1)

CALCULOS

- Recorrido: $0.21\text{ m} = 210\text{ mm}$
- Fuerza: 28.3 kgF

Tramo 9. (Patín 1)

- Recorrido: $0.04\text{ m} = 40\text{ mm}$
- Fuerza: 28 kgF

Tramo 10. (Patín 1)

- Recorrido: 0 m
- Fuerza: 28 kgF

Se coge siempre la carga más desfavorable, en este caso como la carga de los 3 patines es la misma, da igual.

$$L = l_{\text{tramo6}} + l_{\text{tramo7}} + l_{\text{tramo8}} + l_{\text{tramo9}} = 200 + 4000 + 210 + 40 = 4450\text{ mm} = 4.45\text{ m}$$

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{4.45} (6.2^3 * 0.1 + 6.2^3 * 4 + 6.2^3 * 0.11 + 6.2^3 * 0.04 + 1.68^3 * 0.2 + 1.68^3 * 4 + 1.68^3 * 0.21 + 1.68^3 * 0.04)} =$$

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{4.45} (238.33 * (0.1 + 4 + 0.11 + 0.04) + 4.74 * (0.2 + 4 + 0.21 + 0.04))} = \sqrt[3]{\frac{1}{4.45} (238.33 * 4.25 + 4.74 * 4.45)} =$$

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{4.45} * (1012.9 + 21.1)} = \sqrt[3]{\frac{1034}{4.45}} = \sqrt[3]{232.36} = 6.15\text{ kgF}$$

$$P_m = 6.15\text{ kgF}$$

3.2.4. Determinar el Valor de la Distancia Recorrida por Minuto.

Se define “S” como la distancia total recorrida por minuto de los patines y se calcula:

$$S = 2 * l_1 * N_{n1}$$

Siendo:

l_1 = Longitud de recorrido del ciclo.

N_{n1} = Número de ciclos por minuto.

$$l_1 = 4.45 * 2 = 8.9\text{ m}$$

Para el tiempo de ciclo completo debemos calcular el tiempo por tramos para el cual la longitud del recorrido es mayor:

Tramo 1 = 2 s.

CALCULOS

$$\text{Tramo 2} = 4 \text{ m} / 0.1 \text{ m/s} = 40 \text{ s.}$$

$$\text{Tramo 3} = 2 \text{ s.}$$

$$\text{Tramo 4} = 4 \text{ s.}$$

$$\text{Tramo 5} = 24 \text{ s.}$$

$$\text{Tramo 6} = 2 \text{ s.}$$

$$\text{Tramo 7} = 4 \text{ m} / 0.2 \text{ m/s} = 20 \text{ s.}$$

$$\text{Tramo 8} = 2 \text{ s.}$$

$$\text{Tramo 9} = 4 \text{ s.}$$

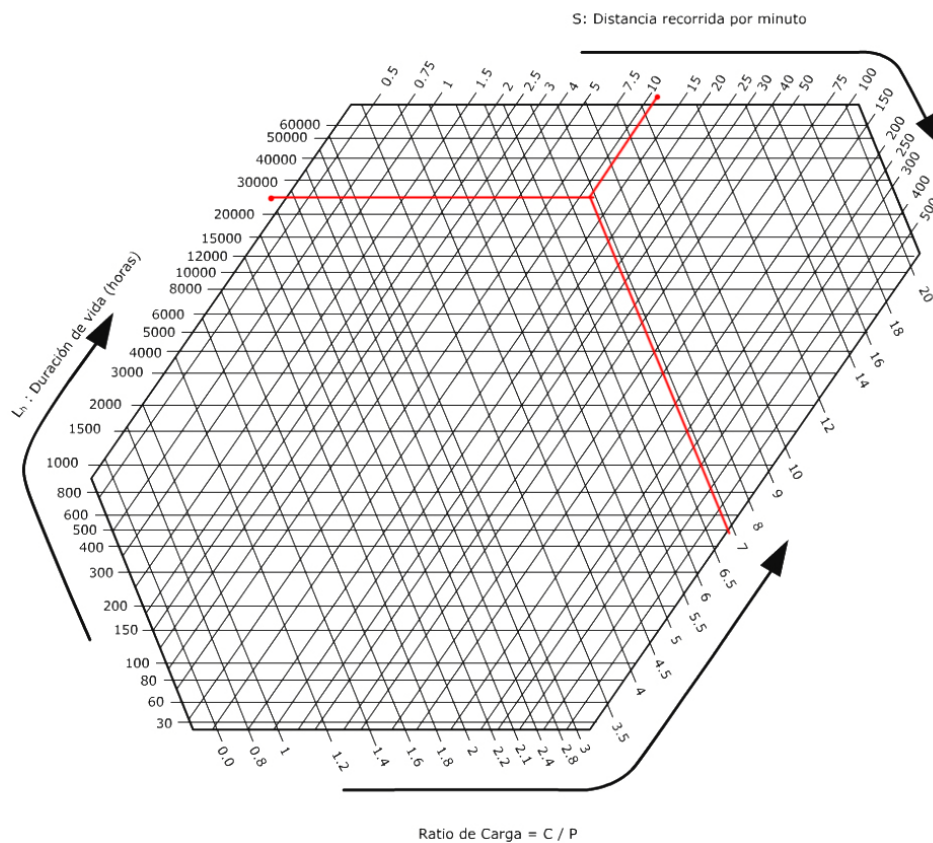
$$N_{n1} = \sum_{1}^n \text{tramo } n = 2 + 40 + 2 + 4 + 24 + 2 + 20 + 2 + 4 = 100 \text{ s.}$$

$$N_{n1} = 60/100 = 0.6 \text{ ciclos/min}$$

3.2.5. Determinar el Valor de la Capacidad Dinámica de Carga

$$S = 2 * l_1 * N_{n1} = 2 * 8.9 * 0.6 = 10.68 \text{ m.}$$

$$L_h \approx 24000 \text{ h (dato del punto 2.1)}$$



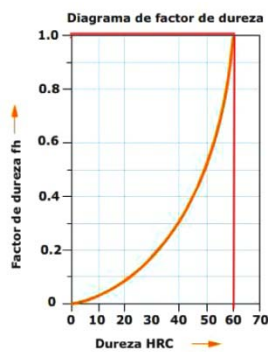
CALCULOS

El ratio de carga es aproximadamente: $6.9 = \frac{C}{P}$

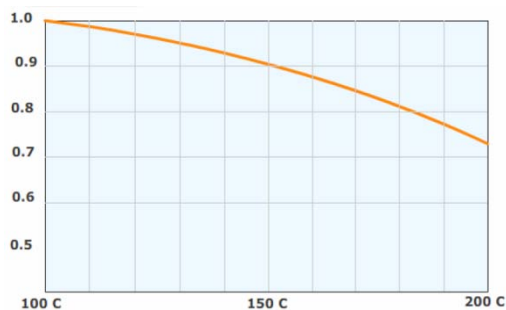
Seleccionamos los diferentes parámetros de la ecuación correspondiente al ratio de carga teniendo en cuenta las condiciones de trabajo a las que estará expuesto el sistema de guiado lineal:

$$6.9 = \frac{f_h * f_t * f_c * C}{f_w * P}$$

$f_h = 1$. El valor de dureza de los patines se supone de una dureza normal (60 HRC). [Ver catalogo.](#)



$f_t = 1$. El valor del factor de temperatura. Ya que la maquina trabaja a temperatura ambiente.



$f_c = 1$. El valor del factor de contacto.

Numero de Patines Instalado en cada guía	Factor de contacto
1	1,00
2	0,81
3	0,72
4	0,66
5	0,61

CALCULOS

$f_w = 1,5$. El valor del factor de carga será el más desfavorable.

Impactos y vibraciones	Velocidad	Valor de la vibración	f_w
Sin Impactos o vibraciones exteriores	Bajas velocidades $V = 15 \text{ m/min}$	$G = 0,5$	1 - 1,5
Impactos o vibraciones leves	Velocidades medias $V = 15-60 \text{ m/min}$	$G = 0,5 - 1$	1,5 - 2
Impactos y choques del exterior	Altas velocidades $V = 60 \text{ m/min}$	$G = 1 - 2$	2 - 3,5

$P = P_m$ Es la carga media que hemos calculado en el apartado anterior.

$$6.9 = \frac{f_h * f_t * f_c * C}{f_w * P} = \frac{1 * 1 * 1}{1.5} * \frac{C}{6.15}$$

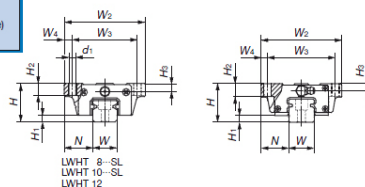
$$C = \frac{6.9 * 1.5 * 6.15}{1} = 63.65 \text{ kgF}$$

$$C = 63.65 * 9.81 = 624.41 \text{ N}$$

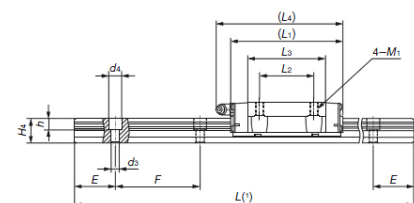
IKO Linear Way H : Flange type

IKO

Flange type mounted from top
 LWHT ...B
 LWHTG
 LWHT ...SL (Stainless steel made)
 LWHT ...M (ultra sealed type)



Model number	Interchangeable	Mass (Ref.)	Dimensions of assembly	Dimensions of slide unit
		kg	mm	mm
			H H1 N W2 W3 W4 L1 L2 L3 L4 L5 L6 L7 L8 L9 L10 L11 L12 L13 L14 L15 L16 L17 L18 L19 L20 L21 L22 L23 L24 L25 L26 L27 L28 L29 L30 L31 L32 L33 L34 L35 L36 L37 L38 L39 L40 L41 L42 L43 L44 L45 L46 L47 L48 L49 L50 L51 L52 L53 L54 L55 L56 L57 L58 L59 L60 L61 L62 L63 L64 L65 L66 L67 L68 L69 L70 L71 L72 L73 L74 L75 L76 L77 L78 L79 L80 L81 L82 L83 L84 L85 L86 L87 L88 L89 L90 L91 L92 L93 L94 L95 L96 L97 L98 L99 L100	
LWHT 8...SL	☆	0.015	0.32	10 2.1 8 24 19 2.5 24 10 15.3 — 1.9
LWHT 10...SL	☆	0.032	0.47	12 2.4 10 30 24 3 32 12 21.4 — 2.6



Dimensions of track rail mm										Mounting bolt for track rail mm	Basic dynamic load rating ⁽¹⁾ N	Basic static load rating ⁽²⁾ N	Static moment rating ⁽³⁾ N·m		
M ₁	H ₂	H ₃	W	H ₄	d ₃	d ₄	h	E	F	Bolt size x length	C	C ₀	T ₀	T _x	T _y
M2.3	3.5	2	8	6	2.4	4.2	2.3	10	20	M2×8	1 510	2 120	8.8	5.6	4.7
M3	4.5	2.5	10	7	3.5	6	3.5	12.5	25	M3×8	2 640	3 700	19.2	12.3	11.1
														73.8	61.8

CALCULOS

La guía lineal seleccionada será de la serie LINEAR WAY H, modelo LWHT.8SL, con un valor de capacidad dinámica de carga lo más cercano posible superior al valor obtenido, es decir $C N$ guía seleccionada $1510 > 624.41 N$. Cumple con lo calculado.

3.2.6. Determinación de la precarga en guías lineales

Sistema con Recirculación de Dos Hileras de Bolas, que es en este caso nuestra guía.

Elegimos la opción sin juego con una precarga elevada, para una mayor precisión y elevada rigidez.

Valor de la precarga	Indicación de la aplicación
Juego muy pequeño	Marcha suave
Sin juego	Elevada rigidez Cargas de momentos

3.2.7. Selección de la guía lineal central con accionamiento.

En base al cálculo obtenido anteriormente seleccionamos la guía lineal central y el accionamiento según las normas del fabricante. [Ver catalogo](#)

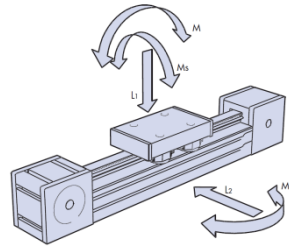
Carga y duración de la guía

En la tabla que figura abajo se dan las capacidades de carga máxima para cada tamaño de unidad DLS.

Sistema	Carga de momento máx. (Nm)			Carga directa máx. (N)	
	M	Ms	Mv	L1	L2
DLS3...S	56	24	105	1600	3000
DLS3...L	120	24	225	1600	3000
DLS3C...	108	24	200	1600	3000
DLS4...S	165	70	280	3500	6000
DLS4...L	300	70	510	3500	6000

Cifras basadas en las capacidades de carga de la guía y el carro

CALCULOS



Para calcular la vida de una unidad DLS se debe calcular primero el factor de carga L_F usando la siguiente ecuación:

$$L_F = \frac{M}{M_{max}} + \frac{M_S}{M_{Smax}} + \frac{M_V}{M_{Vmax}} + \frac{L_1}{M_{1max}} + \frac{L_2}{M_{2max}}$$

La duración del sistema se puede calcular entonces usando una de las siguientes fórmulas:

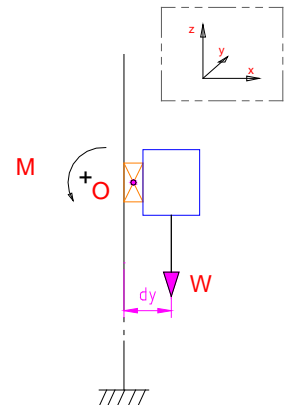
$$DLS3 \text{ Duracion (km)} = \frac{70}{(0.04+0.96L_F)^3} \quad DLS4 \text{ Duracion (km)} = \frac{250}{(0.03+0.97L_F)^3}$$

Observando nuestro sistema vemos que las fuerzas $L1$, $L2$ y los momentos M_S y M_V son despreciables, por tanto nos queda:

$$M = W * d_y = \frac{M_{2T}}{2} * g * d_y = \frac{205.6}{2} * 9.81 * 0.15 = 151.27 Nm^*$$

$$L_F = \frac{M}{M_{max}} = \frac{M}{M_{max}} = \frac{151.27}{300} = 0.5$$

$$DLS4 \text{ Duracion (km)} = \frac{250}{(0.03 + 0.97 * 0.5)^3} = 1830.3 km$$



CALCULOS

- *Clave para los cálculos del accionamiento lineal:*

V_w (m/s) velocidad lineal máxima requerida	I_m (kgcm ²) momento de inercia del motor (M.O.I.)
A_w (m/s ²) aceleración lineal requerida	I_g (kgcm ²) M.O.I. de la caja reductora visto desde el lado del motor (= 0 cuando no hay caja reductora)
L_a (N) carga aplicada	η_g eficiencia de la caja reductora
L (m) longitud de viga/guía	F_t (N) fuerza lineal total disponible
M_L (kg) masa aplicada	F_f (N) fuerza para vencer la fricción
S_w (rev/s) velocidad del motor	F_a (N) fuerza para acelerar todas las partes móviles
T_w (Nm) par motor a velocidad S_w	F_w (N) fuerza requerida para realizar el trabajo
R_r relación de caja reductora (= 1 cuando no hay caja reductora)	S_f factor de seguridad del par motor

Datos necesarios para la realización de los cálculos

Parámetro de Rendimiento DLS			DLS3	DLS3C	DLS4
masa del carro	M_c	(kg)	-	2,45	-
largo		(kg)	1,65	-	2,75
corto		(kg)	1,15	-	2,0
masa de la correa por m	M_b	(kg)	0,068	0,068	0,16
radio de la polea	r	(cm)	2,15	2,15	3,18
eficiencia del dispositivo de accionamiento	η_d		0,9	0,9	0,9
fricción de arranque	F_{ba}	(N)	25	25	40
coeficiente de fricción	μ		0,03	0,03	0,03
polea momento de inercia M.O.I.	I_p	(kgcm ²)	0,3	0,4	1,3
fuerza lineal máx.	$F_{máx}$	(N)	560	560	1225
masa del extremo		(kg)	1,1	-	2,0
masa de viga guía	M_{bs}	(kg/m)	7,0**	4,2	10,0
movimiento lineal por revolución del eje		(m)	0,135	0,135	0,2
viga I_x -x*		(mm ⁴)	750.000**	470.000	1.800.000
viga I_y -y*		(mm ⁴)	1.300.000**	780.000	2.700.000
masa de la placa de montaje del DLS3C	M_p	(kg)	-	0,2	-

- *Cálculo de accionamiento lineal para un eje estándar.*

1) *Calcular la velocidad de funcionamiento del motor. Esto permite entonces encontrar el par motor a esta velocidad en los datos del fabricante.*

Datos:

$$R_r = 50:1(\text{reductora}) = 0.02$$

$$V_{w_{max}} = 0.2 \text{ m/s}$$

CALCULOS

$$V_{W_{min}} = 0.01 \text{ m/s}$$

$$r = 3.18 \text{ cm} = 0.0318 \text{ m}$$

$$S_{W_{max}} = \frac{V_w * R_r}{2\pi r} = \frac{0.2 * 50}{2\pi * 0.0318} = \frac{10}{0.2} = 50 \text{ rps} = 50 * 60 = 3000 \text{ rpm}$$

$$S_{W_{min}} = \frac{V_w * R_r}{2\pi r} = \frac{0.01 * 50}{2\pi * 0.0318} = 2.5 \text{ rps} = 2.5 * 60 = 150 \text{ rpm}$$

2) Calcular la fuerza lineal total disponible.

Datos:

$$S_i = 1.2 - 2$$

Tabla anterior.

$$T_W = w * r * S_i = \frac{M_{T2}}{2} * g * r * S_i = 102.8 * 9.81 * 0.0318 * 2 = 64.14 \text{ Nm}$$

$$F_T = \frac{T_W * \eta_d * \eta_g * R_r}{r} = \frac{64.14 * 0.9 * 0.8 * 50}{0.0318} = 72611 \text{ N}$$

3) Calcular la fuerza requerida para acelerar las partes móviles al ritmo deseado.

Datos:

$$A_w = 0.02 \text{ m/s}^2$$

$$M_L = M_{T2}/2 = 102.8 \text{ kg}$$

$$M_c = 2 \text{ kg (corto)}$$

$$M_b = 0.16 * \text{metro} = 0.16 * 4.5 * 2 = 1.44 \text{ kg}$$

$$L = 4.5 \text{ m}$$

$$L_p = 1.3$$

$$R_r = 50:1$$

$$I_m = 0.5 \text{ kgcm}^2$$

$$I_g = 0.5 \text{ kgcm}^2$$

$$r = 3.18 \text{ cm} = 0.0318 \text{ m}$$

CALCULOS

$$F_a = A_w \left\{ M_L + M_C + 2LM_b + \left(\frac{2l_p + R_r^2(l_m + l_g)}{r^2} \right) \right\}$$

$$F_a = 0.02 \left\{ 102.8 + 2 + 1.44 + \left(\frac{2 * 1.3 + 50^2(0.5 + 0.5)}{3.18^2} \right) \right\} = 353.72 \text{ N}$$

4) Calcular la fuerza requerida para vencer la fricción.

Datos:

$$F_{ba} = 40 \text{ N}$$

$$L_a = (M_L + M_C + M_b) * g = (102.8 + 2 + 1.44) * 9.81 = 1042.21 \text{ N}$$

$$\mu = 0.03$$

$$F_f = F_{ba} + \mu * L_a$$

$$F_f = 40 + 0.03 * 1042.21 = 71.27 \text{ N}$$

5) Calcular la fuerza requerida para realizar el trabajo.

Datos:

$$M_L = M_{T2}/2 = 102.8 \text{ kg}$$

$$M_C = 2 \text{ kg (corto)}$$

$$F_w = (M_L + M_C) * g * \sin \varphi$$

$$F_w = (102.8 + 2) * 9.81 * \sin 90 = 1028.1 \text{ N}$$

6) Calcular el factor de seguridad del par motor.

Datos:

$$F_t = 72611 \text{ N}$$

$$F_a = 353.72 \text{ N}$$

$$F_f = 71.27 \text{ N}$$

$$F_w = 1028.1 \text{ N}$$

CALCULOS

$$S_f = \frac{F_t}{F_a + F_f + F_w}$$

$$S_f = \frac{72611}{353.72 + 71.27 + 1028.1} = 49.97 \approx 50 > 1$$

Factor de seguridad suficiente para ejecutar el movimiento.

7) El par motor necesario.

Datos:

$$F_f = 71.27 \text{ N}$$

$$F_w = 1028.1 \text{ N}$$

$$i = 50:1$$

$$S_i = 1.2 - 2$$

$$r = 3.18 \text{ cm} = 0.0318 \text{ m. (R de la polea).}$$

$$\text{Par motor necesario} = (F_f + F_w) * R = (71.27 + 1028.1) * 0.0318 = 34.96 \text{ Nm}$$

$$P_{\text{motor con reductor}} = \frac{P_{\text{motor Sin Reductor}}}{i} * S_i = \frac{34.96}{50} = 0.7 \text{ Nm} * 2 = 1.4 \text{ Nm}$$

8) Fuerza de pretensado de la correa.

$$0.5 * (F_f + F_w) \leq F_v \leq (F_f + F_w)$$

$$\text{Recomendacion del fabricante} \rightarrow F_v = 0.5 * (F_f + F_w)$$

$$F_v = 0.5 * (F_f + F_w) = 0.5 * (71.27 + 1028.1) \approx 549.7 \text{ N}$$

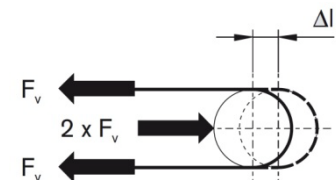


Fig. 2.2.7.1

9) Fuerza máxima en la correa dentada.

$$F_{1\max} = F_v + 0.5 * (F_f + F_w) \leq F_{1\text{adm}}!$$

$$F_{2\min} = F_v - 0.5 * (F_f + F_w) \leq 0!$$

$$F_{1\max} = 549.7 + 549.7 \leq F_{1\text{adm}}!$$

$$F_{2\min} = 550 - 549.7 \leq 0.3 \leq 0!$$

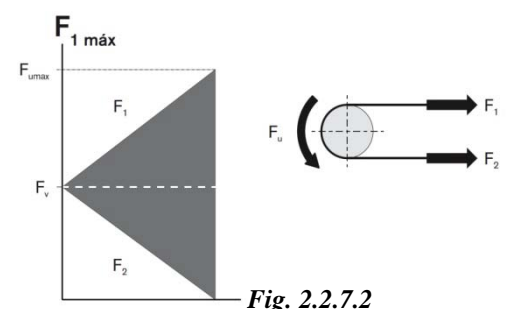


Fig. 2.2.7.2

CALCULOS

10) Distancia de tensado necesaria, Δl . Fig. 2.2.7.1

$$L_1 = 300 \text{ mm (long. carro)}$$

$$L_2 = 4500 \text{ mm (long. Correa 1 cara)}$$

$$L = 2 * L_2 - L_1 + 2\pi * r = 2 * 4500 - 300 + 2\pi * 31.8 = 9000 - 300 + 199.8 = 8899.8 \text{ mm}$$

$$\Delta l = \frac{0.5 * F_v * L}{C_{esp}} = \frac{0.5 * 542 * 8899.8}{1870000} = 1.29 \leq 23 \text{ mm}$$

Esta dentro del margen indicado por el fabricante.

3.3. Selección del motor.

$$n_m = 3000 \text{ rpm} ; Ma = 1.4 \text{ Nm} ; Rr = 50:1$$

9C series technical details														
Type	Continuous torque at zero speed ⁵⁾	Current at continuous torque ^{1) 3) 5)}	Rated torque ⁵⁾	Rated current ^{1) 3) 5)}	Rated speed	Rated frequency	Mechanical rated power ⁵⁾	Peak torque	Current at peak torque ^{1) 3)}	Torque constant ^{1) 2) 3)}	B.e.m.f. between phases at rated speed ^{1) 2) 3)}	Moment of inertia of rotor ³⁾	Moment of inertia of rotor + brake ³⁾	Weight ^{3) 4)}
	T_{cs} [Nm]	I_{cs} [A]	T_{rat} [Nm]	I_{rat} [A]	n_{rat} [r/min]	f_{rat} [Hz]	P_{rat} [kW]	T_{pk} [Nm]	I_{pk} [A]	k_T [Nm/A]	V [V]	J_M [kgcm ²]	J_M with brake [kgcm ²]	W [kg]
9C1.1.30...M	1.4	1.3	1.3	1.4	3000	250	0.41	4.1	4.5	1.147	208	0.57	0.62	3.0
9C1.2.30...M	2.3	1.8	2	1.7	3000	250	0.63	6.9	6.1	1.440	261	1.04	1.09	3.9
9C1.3.30...M	3.2	2.7	2.8	2.5	3000	250	0.88	9.6	9.0	1.350	245	1.51	1.56	4.8
9C1.4.30...M	4.2	3.3	3.5	2.9	3000	250	1.10	12.6	11.1	1.440	261	1.99	2.04	5.7
9C1.1.60...M	1.4	2.1	1.2	2.0	6000	500	0.75	4.1	7.1	0.720	261	0.57	0.62	3.0
9C1.2.60...M	2.3	3.6	1.6	2.7	6000	500	1.01	6.9	12.1	0.720	261	1.04	1.09	3.9
9C1.3.60...M	3.2	5.2	2.3	3.9	6000	500	1.45	9.6	17.3	0.702	255	1.51	1.56	4.8
9C1.4.60...M	4.2	6.5	2.5	4.1	6000	500	1.57	12.6	21.6	0.738	268	1.99	2.04	5.7

Seleccionamos el más 9C1.2.60M que cumple con lo establecido y nos da margen de seguridad ya que el motor anterior esta en el límite tanto en revoluciones como en par motor. Elegiremos para este caso (M2) la opción con encoder y freno. [Ver catalogo.](#)

3.4. Selección de acoplamientos

9C1.2.60M (motor)

Par Max= 6.9 Nm

Vmax = 6000 rpm

Extremo eje $\varnothing = 14 \text{ mm}$

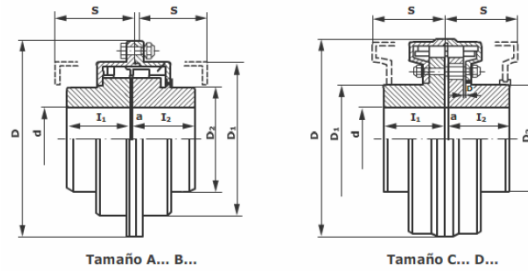
Hepco DLS4 (guía lineal correa dentada)

Par = 1.4 Nm

Vmax = 3000 rpm

Extremo eje $\varnothing = 16 \text{ mm}$

CALCULOS



Tamaño	$\frac{P(kW)}{n}$	T_n	n	DIMENSIONES mm									J	Peso
		Nominal	Velocidad Max.	d. max.	d. min.	D	D ₁	D ₂	I ₁ = I ₂	a min.	b	s	Kgm ²	Kg
A88	0,0038	37,5	4800	25	10	88	66	38	40	1	3	63	0,0014	2
A120	0,0071	70	3650	40	15	120	90	56	45	1	3	65	0,0073	5
A125	0,014	140	3650	40	15	120	90	56	45	1	3	65	0,0073	5
A155	0,023	225	3100	54	20	155	120	75	55	1	5	85	0,018	8,5
A175	0,041	400	2750	68	20	175	142	95	60	1	5	85	0,034	12,5
A195	0,066	650	2450	82	20	195	162	115	70	1	5	85	0,063	17,5

El acoplamiento A88 cumple con las condiciones impuestas para elemento motriz y receptor.

4. Guía lineal con cremallera y accionamientos - M3

4.1. Consideraciones generales y definición de usos.

El movimiento 3 (M3), implica a las partes M1 y M2 en un movimiento de traslación de recorrido horizontal, sobre las estructuras fijas (jaulas) de almacenamiento de retales.

La estructura M3 está formada por dos guías lineales colocadas horizontalmente sobre el suelo, la transmisión es por cremallera con accionamiento sincronizado de dos motores con encoder. [Ver planos.](#)

4.1.1. Datos disponibles

$$M1 \left\{ \begin{array}{l} \text{Bandeja} = 49,6 \text{ kg.} \\ \text{Mecanismo de extracción (carro y sistema de agarre)} = 2+6 \text{ Kg.} = 8 \text{ kg} \end{array} \right.$$

$$M2 \left\{ \begin{array}{l} \text{Estructura M1} = 15 \times 2 = 30 \text{ kg} \\ \text{Carro de elevación} = 5 \times 2 = 10 \text{ kg} \end{array} \right.$$

$$M3 \left\{ \begin{array}{l} \text{Peso propio M3} = 30 \text{ kg} \\ M1 + M2 + \text{Peso propio M3} + \text{carga Max.} \\ M_T = 57.6 + 40 + 30 + 100 = M3 = 227.6 \text{ kg} \end{array} \right.$$

Carga Max. = 100 kg.

$Vel_{max} = 200 \text{ mm/s} = 0.2 \text{ m/s}$

Longitud de carrera efectiva = 9 m.

Condiciones de trabajo = Tª ambiente, polvo de acero, baja humedad.

4.1.2. Vida útil del sistema M3 (guías lineales con cremallera).

Le queremos dar una vida útil de 15 años, por tanto hacemos la siguiente estimación:

Años	Semanas / año	Festivo/semana	Total días de uso
15	52	2	3915
Días laborales	Días festivos	Laborales - festivos	Horas (75% jornada)
$15 \times 365 = 5475$	$2 \times 52 \times 15 = 1560$	$5475 - 1560 = 3915$	$3915 \times 6 = 23490$

El factor de uso de la maquina será del 75% de la jornada de trabajo que son 6 horas.

El factor de uso de la cremallera respecto a la maquina es del 75%.

4.1.3. El ciclo de trabajo.

Será función de v/t en mm/seg y su forma trapezoidal será suficiente para definir aceleración/deceleración y velocidad final. En el espacio de carrera útil de la cremallera. Se verá solo el caso más desfavorable. Caso con carga máxima.

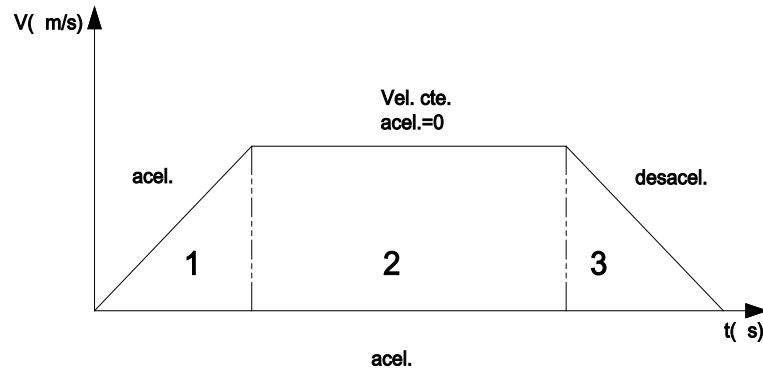


Fig. 3.1

4.1.4. Velocidad media (V_m). Calculo tiempo, espacio y aceleración por tramos.

En la figura 3.2 vemos lo que sería el perfil simplificado de la maquina, hay cinco módulos de almacenaje y el sistema mecánico M3 que es el encargado de posicionar al sistema M1 y M2 en el lugar de carga y descarga.

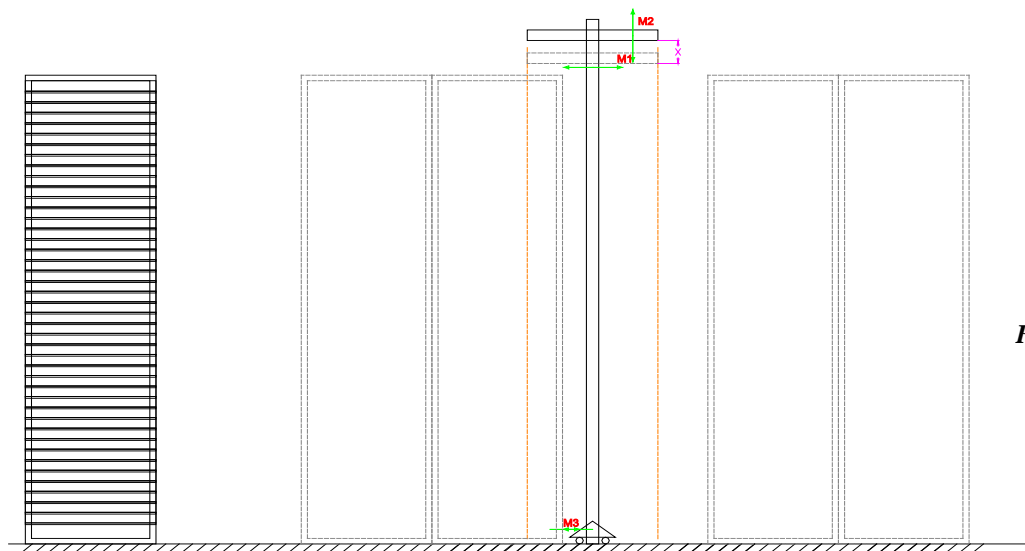


Fig. 3.1

$$\Delta vel \rightarrow e = V_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad ; \quad a = \frac{V_f - V_0}{t}$$

CALCULOS

Zona 1. (Aceleración)

$$t_1 = 5 \text{ s.}$$

$$a_1 = \frac{0.2-0}{5} = 0.04 \text{ m/s}^2$$

$$V_{01} = 0 \text{ m/s}$$

$$V_{f1} = 0.2 \text{ m/s} \quad e_1 = 0 * 5 + \frac{1}{2} 0.04 * 5^2 = 0.5 \text{ m} = 500 \text{ mm}$$

Zona 2. (Desplazamiento)

$$V_2 = 0.2 \text{ m/s}$$

$$e_2 = V_{02}t_2 + \frac{1}{2}a_2t_2^2 \quad 8 = 0.2 * t_2 + \frac{1}{2} * 0 * t_2^2$$

$$e_T = 8 \text{ m}$$

$$t_2 = \frac{e_2}{V_2} \quad e_2 = e_T - e_1 - e_3 = 9 - 0.5 - 0.5 = 8 \text{ m}$$

$$t_2 = \frac{8}{0.2} = 40 \text{ s.}$$

Zona 3. (Deceleración)

$$t_3 = 5 \text{ s.}$$

$$a_3 = \frac{0-0.2}{5} = -0.04 \text{ m/s}^2$$

$$V_{03} = 0.2 \text{ m/s}$$

$$V_{f3} = 0 \text{ m/s} \quad e_3 = 0 * 5 + \frac{1}{2} 0.04 * 5^2 = 0.5 \text{ m} = 500 \text{ mm}$$

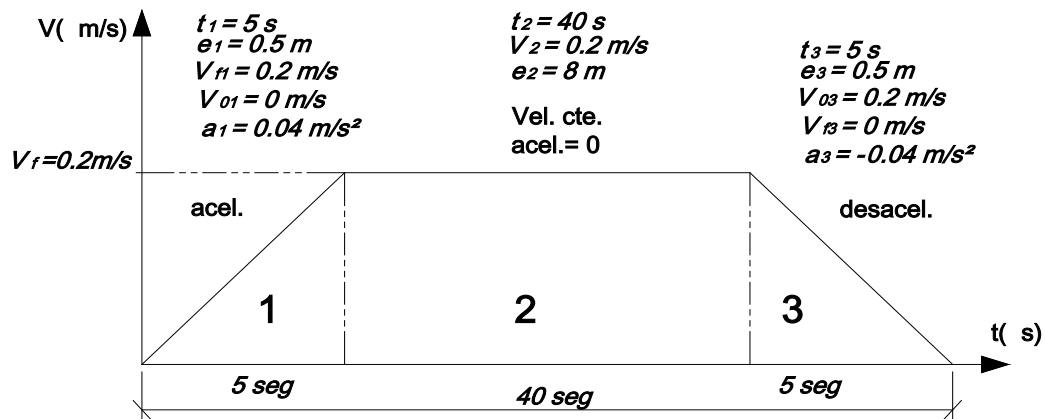


Fig. 3.2

CALCULOS

4.2. Selección de las guías lineales.

4.2.1. Calcular el c. d. g de todo el Conjunto.

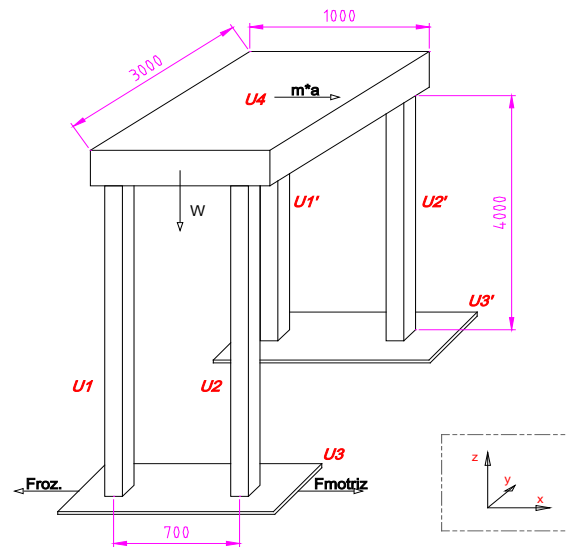


Fig. 3.3

$$U_1 = U_2 = U'_1 = U'_2$$

$$U_3 = U'_3$$

$$U_4$$

Designamos un patín como origen de coordenadas

4.2.1.1. c. d. g de las diferentes porciones.

$$U_1 = U_2 = U'_1 = U'_2$$

$$X_1 = X_2 = X'_1 = X'_2 = \frac{60}{2} = 30 \text{ mm}$$

$$Y_1 = Y_2 = Y'_1 = Y'_2 = \frac{3800}{2} + 60 = 1960 \text{ mm}$$

$$X_3 = \frac{60}{2} = 30 \text{ mm}$$

$$Y_3 = \frac{700}{2} = 350 \text{ mm}$$

$$X_4 = \frac{1000}{2} = 500 \text{ mm}$$

$$Y_4 = \frac{200}{2} + 60 + 3800 = 3960 \text{ mm}$$

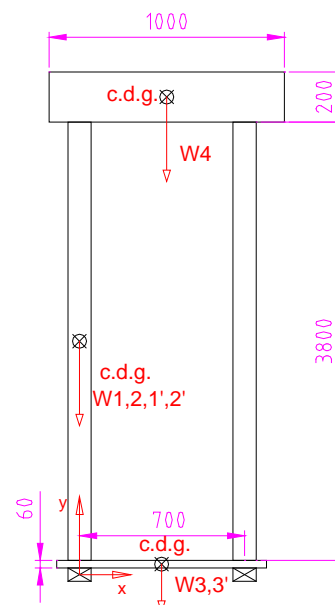


Fig. 3.4

CALCULOS

Masas:

$$U_1 = U_2 = U'_1 = U'_2 = 10 \text{ kg}$$

$$U_3 = U'_3 = 12 \text{ kg}$$

$$U_4 = 140 \text{ kg}$$

$$\bar{X} = \frac{10 * 30(1 + 1 + 1 + 1) + 12 * 30 * 2 + 140 * 500}{10 * 4 + 12 * 2 + 140} = \frac{1200 + 720 + 70000}{204}$$

$$\bar{X} = \frac{71920}{204} = 352.5 \text{ mm}$$

$$\bar{Y} = \frac{1960 * 10 * 4 + 12 + 350 * 2 + 140 * 3960}{204} = \frac{641200}{204} =$$

$$\bar{Y} = 3143.2 \text{ mm}$$

c. d. g de todo el Conjunto.

$$\bar{X} = 325.5 \text{ mm}$$

$$\bar{Y} = 3143.2 \text{ mm}$$

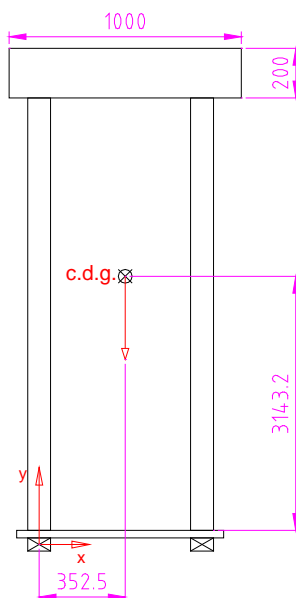
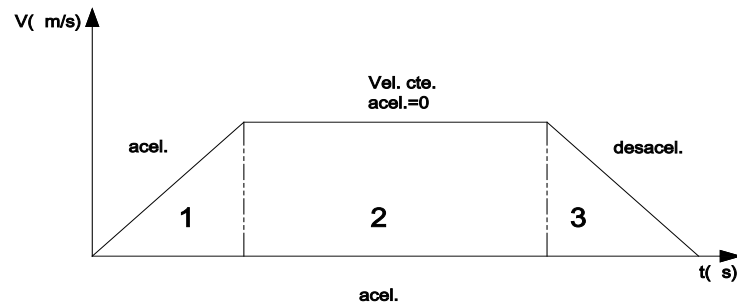


Fig. 3.5

4.2.2. Cálculo de las cargas actuantes sobre los patines.



Zona 1: Aceleración con carga.

Zona 2: Velocidad constante con carga.

Zona 3: Deceleración con carga hasta posición.

Datos comunes: (ver fig 3.5)

Centro de gravedad es $X = 352.5 \text{ mm}$ e $Y = 3143.2 \text{ mm}$.

$dx = 352.5 \text{ mm}$

$dy = 3143.2 \text{ mm}$

$M_{2T} = 205,6 \text{ kg}$. (Masa total estructura M_2 + bandeja y peso max.)

$\mu = 0.05$ (guías lineales con accionamiento y transmisión por cremallera)

F = fuerza aplicada (accionamiento motor con reductor)

F_{rr} = fuerza de rozamiento total

W = peso total $M_2/2 = 205,6/2 = 102,8 \text{ kg}$.

Cargas sobre los patines = PA y PB .

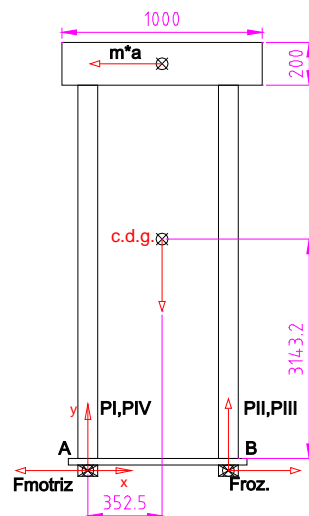


Fig. 3.6

CALCULOS

Ecuaciones de equilibrio de fuerzas:

$$\sum Fy = 0;$$

$$PI = PIV$$

$$PII = PIII$$

$$P + PIV = PA = 2PI$$

$$PII + PIII = PB = 2PII$$

$$PA + PB - W = 0$$

$$\sum Fx = 0;$$

$$Froz - Fm - m * a = 0$$

Tramo 1

$$e_1 = 0.5 \text{ m}$$

$$a_1 = 0.04 \text{ m/s}^2$$

$$V_f = 0.2 \text{ m/s}$$

Aplicamos momentos:

$$\sum MA = 0 ;$$

$$M_{2T} * a * dy - w - PB * 2dx = 0$$

$$M_{2T} * a * dy - M_{2T} * g * dx + PB * 2dx = 0$$

$$205.6 * 0.04 * 3.1432 - 205.6 * 9.81 * 0.3525 + PB * 2 * 0.3525 = 0$$

$$25.85 - 710.97 + PB * 0.705 = 0$$

$$PB = \frac{685.12}{0.705} = 971.8 \text{ N} = 99.06 \text{ Kgf}$$

$$PII + PIII = PB = 2PII = 99.06 \text{ Kgf}$$

CALCULOS

$$PII = \frac{99.06}{2} = 49.53 \text{ Kgf}$$

$$PII = PIII = 49.53 \text{ Kgf}$$

$$\sum^+ MB = 0 ;$$

$$m * a * dy + w - PA * 2dx = 0$$

$$M_{2T} * a * dy + M_{2T} * g * dx - PA * 2 * dx = 0$$

$$205.6 * 0.04 * 3.1432 + 205.6 * 9.81 * 0.3525 - PA * 2 * 0.3525 = 0$$

$$25.85 + 710.97 - PA * 0.705 = 0$$

$$PA = \frac{736.82}{0.705} = 1045.14 = 106.54 \text{ Kgf}$$

$$PI + PIV = PA = 2PI = 106.54 \text{ Kgf}$$

$$PI = \frac{106.54}{2} = 53.27 \text{ Kgf}$$

$$PI = PIV = 53.27 \text{ Kgf}$$

Tramo 2

$$e_2 = 8 \text{ m}$$

$$a_2 = 0 \text{ m/s}^2$$

$$V_2 = 0.2 \text{ m/s}$$

Aplicamos momentos:

$$\sum^+ MA = 0 ;$$

$$M_{2T} * a * dy - w - PB * 2dx = 0$$

$$M_{2T} * a * dy - M_{2T} * g * dx + PB * 2dx = 0$$

$$0 - 205.6 * 9.81 * 0.3525 + PB * 2 * 0.3525 = 0$$

CALCULOS

$$-710.97 + PB * 0.705 = 0$$

$$PB = \frac{710.97}{0.705} = 1008.47 \text{ N} = 102.8 \text{ Kgf}$$

$$PII + PIII = PB = 2PII = 51.4 \text{ Kgf}$$

$$PII = PIII = 51.4 \text{ Kgf}$$

$$\sum M_B = 0 ;$$

$$m * a * dy + w - PA * 2dx = 0$$

$$M_{2T} * a * dy + M_{2T} * g * dx - PA * 2 * dx = 0$$

$$0 + 205.6 * 9.81 * 0.3525 - PA * 2 * 0.3525 = 0$$

$$710.97 - PA * 0.705 = 0$$

$$PA = \frac{710.97}{0.705} = 1008.47 = 102.8 \text{ Kgf}$$

$$PI + PIV = PA = 2PI = 51.4 \text{ Kgf}$$

$$PI = \frac{106.54}{2} = 51.4 \text{ Kgf}$$

$$PI = PIV = 51.4 \text{ Kg}$$

Tramo 3

$$e_3 = 0.5 \text{ m}$$

$$a_3 = - 0.04 \text{ m/s}^2$$

$$V_{f_3} = 0.2 \text{ m/s}$$

CALCULOS

Aplicamos momentos:

$$\sum M_A = 0 ;$$

$$M_{2T} * a * dy - w - PB * 2dx = 0$$

$$M_{2T} * a * dy - M_{2T} * g * dx + PB * 2dx = 0$$

$$(-1) * 205.6 * 0.04 * 3.1432) - 205.6 * 9.81 * 0.3525 + PB * 2 * 0.3525 = 0$$

$$-25.85 - 710.97 + PB * 0.705 = 0$$

$$PB = \frac{736.82}{0.705} = 1045.14 \text{ N} = 106.54 \text{ Kgf}$$

$$P_{II} + P_{III} = PB = 2P_{II} = 106.54 \text{ Kgf}$$

$$P_{II} = \frac{99.06}{2} = 53.27 \text{ Kgf}$$

$$P_{II} = P_{III} = 53.27 \text{ Kgf}$$

$$\sum M_B = 0 ;$$

$$m * a * dy + w - PA * 2dx = 0$$

$$M_{2T} * a * dy + M_{2T} * g * dx - PA * 2 * dx = 0$$

$$(-1) * 205.6 * 0.04 * 3.1432 + 205.6 * 9.81 * 0.3525 - PA * 2 * 0.3525 = 0$$

$$-25.85 + 710.97 - PA * 0.705 = 0$$

$$PA = \frac{685.12}{0.705} = 971.8 \text{ N} = 99.06 \text{ Kgf}$$

$$P_I + P_{IV} = PA = 2P_I = 99.06 \text{ Kgf}$$

$$P_I = \frac{99.06}{2} = 49.53 \text{ Kgf}$$

$$P_I = P_{IV} = 49.53 \text{ Kgf}$$

CALCULOS

4.2.3. Cálculo de la carga media (P_m).

$$P_m = \sqrt[n]{\frac{1}{L} (P_1^3 * L_1 + P_2^3 * L_2 + \dots + P_n^3 * L_n)}$$

L = Longitud total del recorrido.

P_m = Carga media.

P_1 = Carga que soporta el patín en el tramo 1 (la más desfavorable).

L_1 = Longitud del tramo 1.

P_2 = Carga que soporta el patín en el tramo 2 (la más desfavorable).

L_2 = Longitud del tramo 2.

P_n = Carga que soporta el patín en el tramo n (la más desfavorable).

L_n = Longitud del tramo n .

$n = 3$ Sistema de bolas.

$n = \frac{10}{3}$ Sistema de rodillos.

Tramo 1.

Recorrido: $0.5 \text{ m} = 500 \text{ mm}$

Fuerzas:

$P_{II} = P_{III} = 49.53 \text{ Kgf}$

$P_I = P_{IV} = 53.27 \text{ Kgf}$

Tramo 2.

Recorrido: $8 \text{ m} = 8000 \text{ mm}$

Fuerzas:

$P_{II} = P_{III} = 51.4 \text{ Kgf}$

$P_I = P_{IV} = 51.4 \text{ Kgf}$

CALCULOS

Tramo 3.

Recorrido: $0.5 \text{ m} = 500 \text{ mm}$

Fuerzas:

$$PII = PIII = 53.27 \text{ Kgf}$$

$$PI = PIV = 49.53 \text{ Kgf}$$

Se coge siempre la carga más desfavorable:

$$L = l_{\text{tramo1}} + l_{\text{tramo2}} + l_{\text{tramo3}} = 500 + 8000 + 500 = 9000 \text{ mm} = 9 \text{ m}$$

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{9} (53.27^3 * 0.5 + 51.4^3 * 8 + 53.27^3 * 0.5)} =$$

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{9} (1237537,85)} = \sqrt[3]{137504,21} = 51.614 \text{ Kgf}$$

$$P_m = 51.614 \text{ Kgf}$$

4.2.4. Determinar el Valor de la Distancia Recorrida por Minuto

Se define “S” como la distancia total recorrida por minuto de los patines y se calcula:

$$S = 2 * l_1 * N_{n1}$$

Siendo:

l_1 = Longitud de recorrido del ciclo.

N_{n1} = Número de ciclos por minuto.

$$l_1 = 9 * 2 = 18 \text{ m}$$

Para el tiempo de ciclo completo debemos calcular el tiempo por tramos para el cual la longitud del recorrido es mayor:

Tramo 1 = 5 s.

Tramo 2 = 40 s.

Tramo 3 = 5 s.

CALCULOS

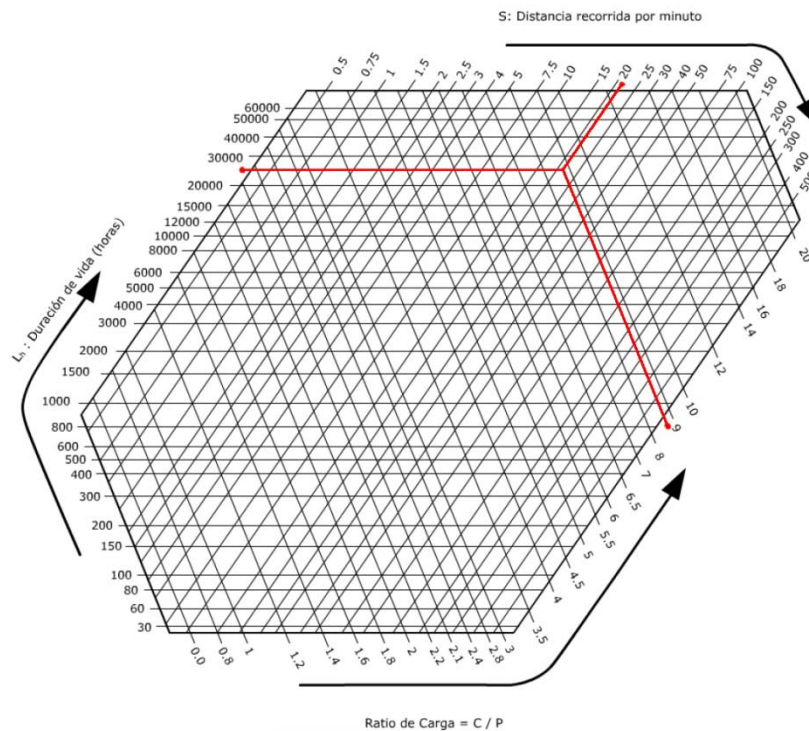
$$N_{n1} = \sum_{1}^n \text{tramo } n = 5 + 40 + 5 = 50 \text{ s.}$$

$$N_{n1} = 60/50 = 1.2 \text{ ciclos/min}$$

4.2.5. Determinar el Valor de la Capacidad Dinámica de Carga

$$S = 2 * l_1 * N_{n1} = 2 * 9 * 1.2 = 21.6 \text{ m.}$$

$$L_h \approx 24000 \text{ h (dato del punto 3.1.2)}$$



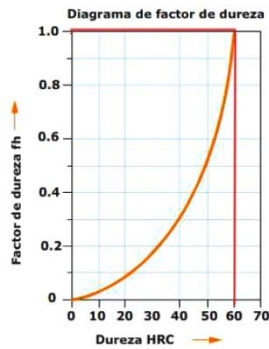
El ratio de carga es aproximadamente: $8.8 = \frac{C}{P}$

Seleccionamos los diferentes parámetros de la ecuación correspondiente al ratio de carga teniendo en cuenta las condiciones de trabajo a las que estará expuesto el sistema de guiado lineal:

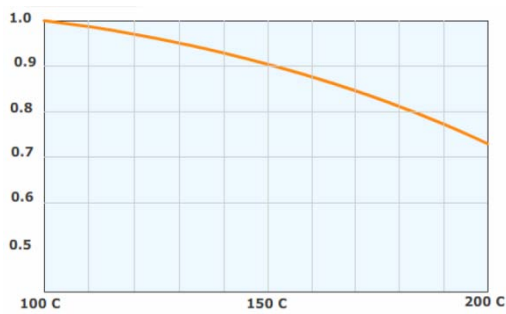
$$8.8 = \frac{f_h * f_t * f_c * C}{f_w * P_m}$$

CALCULOS

$f_h = 1$. El valor de dureza de los patines se supone de una dureza normal (60 HRC). [Ver catalogo.](#)



$f_t = 1$. El valor del factor de temperatura. Ya que la maquina trabaja a temperatura ambiente.



$f_c = 0.72$. El valor del factor de contacto.

Numero de Patines Instalado en cada guía	Factor de contacto
1	1,00
2	0,81
3	0,72
4	0,66
5	0,61

CALCULOS

$f_w = 2$. El valor del factor de carga será el más desfavorable.

Impactos y vibraciones	Velocidad	Valor de la vibración	f_w
Sin Impactos o vibraciones exteriores	Bajas velocidades $V = 15 \text{ m/min}$	$G = 0,5$	1 - 1,5
Impactos o vibraciones leves	Velocidades medias $V = 15-60 \text{ m/min}$	$G = 0,5 - 1$	1,5 - 2
Impactos y choques del exterior	Altas velocidades $V = 60 \text{ m/min}$	$G = 1 - 2$	2 - 3,5

Tendrá vibraciones leves, aunque no se prevén impactos ni velocidades superiores a los 12m/min.

$P = P_m$ Es la carga media que hemos calculado en el apartado anterior.

$$8.8 = \frac{f_h * f_t * f_c * C}{f_w * P_m} = \frac{1 * 1 * 0.72}{2} * \frac{C}{51.614}$$

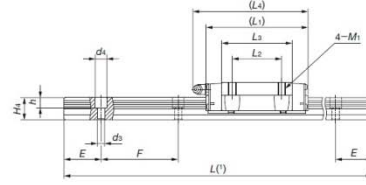
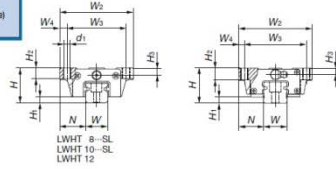
$$C = \frac{8.8 * 2 * 51.614}{1 * 0.72} = 1261,68 \text{ kgF}$$

$$C = 1261,68 * 9.81 = 12377.08 \text{ N}$$

La guía lineal seleccionada será de la serie *LINEAR WAY H*, modelo *LWHT.20SL*, con un valor de capacidad dinámica de carga lo más cercano posible superior al valor obtenido, es decir C_N guía seleccionada $18100 > 12377,08 \text{ N}$. Cumple con lo calculado.

Linear Way H : Flange type

Flange type mounted from top
LWHT ...B
LWHTG ...SL (stainless steel made)
LWHT ...M (ultra sealed type)



Model number	Series	Mass (Ref.)		Dimensions of assembly				Dimensions of slide unit									
		Slide unit	Track rail	H	H1	N	W2	W3	W4	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	dh(°)
LWHT 8--SL	☆	0.015	0.32	10	2.1	8	24	19	2.5	24	10	15.3	—	1.9	—	—	—
LWHT 10--SL	☆	0.032	0.47	12	2.4	10	30	24	3	32	12	21.4	—	2.6	—	—	—
LWHT 12	☆	0.11	0.86	19	3.2	14	40	32	4	46	15	31.6	50	3.4	—	—	—
LWHT 12--SL	☆	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
LWHT 15--B	☆	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
LWHT 15--SL	☆	0.22	1.47	24	4.5	16	47	38	4.5	66	30	44.6	69	—	—	—	—
LWHT 15--M	☆	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
LWHT 20--B	☆	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
LWHT 20--SL	☆	0.48	2.56	30	5	21.5	63	53	5	83	40	57.2	95	—	—	—	—
LWHT 20--M	☆	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
LWHTG 20	☆	0.71	—	—	—	—	—	—	—	112	—	86	124	—	—	—	—

M1	H1	H2	W	H4	d3	h	E	F	Mounting bolt for track rail	Basic dynamic load rating ⁽¹⁾		Basic static load rating ⁽²⁾		Static moment rating ⁽³⁾	
										C	N	C0	N	T0	Tx
M2.3	3.5	2	8	6	2.4	4.2	2.3	10	M2×8	1 510	2 120	8.8	5.5	8.8	4.7
M3	4.5	2.5	10	7	3.5	6	3.5	12.5	M3×8	2 640	3 700	16.2	10.9	16.2	8.9
M4	6	4	12	10.5	3.5	6	4.5	20	M3×12	6 260	8 330	51.6	37.5	51.6	27.5
M5	7	4.5	15	15	4.5	8	6	30	M4×16	11 600	13 400	112	95.6	112	55.6
M6	10	5.5	20	18	6	9.5	8.5	60	M5×18	18 100	21 100	232	195	232	109
										24 100	31 700	349	421	421	210

4.2.6. Determinación de la precarga en guías lineales

Sistema con Recirculación de Dos Hileras de Bolas, que es en este caso nuestra guía. Elegimos la opción sin juego con una precarga elevada, para una mayor precisión y elevada rigidez.

Valor de la precarga	Indicación de la aplicación
Juego muy pequeño	Marcha suave
Sin juego	Elevada rigidez Cargas de momentos

4.2.7. Duración de la guía lineal.

$$C = 18100 \text{ N}$$

$$P = M_T * g = 227.6 * 9.81 = 2232,8 \text{ N}$$

$$L = 50 \left(\frac{C}{P} \right)^3 = 50 \left(\frac{18100}{2232.8} \right)^3 = 26635,3 \text{ km}$$

CALCULOS

4.3. Cálculos del accionamiento.

4.3.1. Par y potencia.

- Sin reductor:

Par

$P = 100 \text{ mm. recorrido piñón}$

$s_i = 1.2-2. \text{ Factor de seguridad}$

$M_l = 5 \text{ Nm. Par resistente.}$

$$M_a = \frac{F_{max} * P * s_i}{2000 * \pi} + M_l = \frac{1116.4 * 100 * 2}{2000 * \pi} + 5 \approx 35.6 + 5 = 40.6 \text{ Nm}$$

$$M_a = 53.2 \text{ Nm}$$

$$F_{max} = \frac{M_T}{2} * g = \frac{227.6}{2} * 9.81 = 1116.4 \text{ N (carga máximo)}$$

$$P = 2\pi r = 100 \text{ mm}$$

$$r = \frac{100}{2\pi} = 15.9 \rightarrow d = 2r = 2 * 15.9 = 31.8 \text{ mm}$$

Potencia

$n_m = 2500 \text{ rpm (vel.max. giro motor)}$

$n_a = 120 \text{ rpm (vel. de salida)}$

$$n_a \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ vuelta} = 100 \text{ mm} \\ \text{vel} \left(\frac{m}{s} \right) = \frac{200 \text{ mm}}{s} \end{array} \right\} \left[\begin{array}{l} x - 200 \text{ mm} \\ 1 - 100 \text{ mm} \end{array} \right]$$

$$n_a = \frac{200}{100} = \frac{2 \text{ rev}}{s} * 60 = 120 \text{ rpm}$$

$$P = \frac{M_a * n_a}{9550} = \frac{40.6 * 120}{9550} = 0.51 \text{ kw} = 510 \text{ w}$$

- Con reductor:

$$i = 14.5$$

$$\eta_l = 0.9$$

$w = 1.22. \text{ Coef. de fricción}$

$$i = \frac{n_a}{n_p} = \frac{M_p}{M_a} = \frac{M_p}{M_r}$$

CALCULOS

$$M_r = \frac{F_{max} * P * s_i * w}{2000 * \pi * \eta_1} + M_l = \frac{1116.4 * 100 * 2 * 1.22}{2000 * \pi * 0.9} + 5 \approx 48.2 + 5 = 53.2 Nm$$

$$n_p = \frac{n_a}{i} = \frac{120}{14.5} = 8.1 rpm$$

$$M_p = M_r * i = 53.2 * 14.5 = 771.4 Nm$$

Como la velocidad máxima de salida corresponde a $n_a = 120 rpm$

Repetimos los cálculos de atrás hacia delante:

$$n_p = 120 rpm$$

$$i = 14.5$$

$$n_a = n_p * i = 1740 rpm$$

$$M_a = \frac{M_r}{i} = \frac{53.2}{14.5} = 3.67 Nm$$

$$P_a = \frac{M_a * n_a}{9550} = \frac{3.67 * 1740}{9550} = 0.67 kw = 670 w$$

Es recomendable multiplicar este valor por un factor de seguridad que va de 1.5 a 2

$$P_a = 670 * 1.5 \approx 1 kw$$

4.3.2. Selección del accionamiento.

$$n_m = 1740 rpm \quad ; \quad M_a = 3.67 Nm \quad ; \quad P = 1 kw$$

Motor MKD71B. [Ver catalogo.](#)

Motor data (3 x 400 V input)								Control units *5			
MKD	MKE	MHD	Type	M0 ^{3,4} [Nm]	M _{max} ⁴ [Nm]	nN [min ⁻¹]	J _{rotor} [10 ⁻⁴ kgm ²]	DKCxx.3 016 ⁷	DKCxx.3 040	DKCxx.3 100	DKCxx.3 200
■			025A	0,4	1,8	9000	0,19	✓	✓		
■	■		025B	0,9	4,0	9000	0,30	✓	✓		
		■	041A	1,3	5,6	7000	0,88		✓		
■	■	■	041B	2,7	11,3	6000	1,7	✓	✓	✓	
		■	071A	3,5	14,0	4500	4,4		✓		
■		■	071B	8,0	32,0	2500	8,7	✓	✓		
■		■	071B	8,0	32,0	4500	8,7		✓	✓	
■		■	090B	12,0	43,5	2500	43,0		✓	✓	
■	■	■	090B	12,0	43,5	3200	43,0		✓	✓	
■		■	090B	12,0	43,5	4000	43,0		✓	✓	✓

4.4. Selección de acoplamientos. Ver planos.

9C1.2.60M (motor)

PBR cremallera r310es (Bosch Rexroth)

Par Max= 32 Nm

Par = 30 Nm

Vmax = 2500 rpm

Vmax = 3000 rpm

Extremo eje $\varnothing = 19$ mm

Extremo eje $\varnothing = 19$ mm

Tamaño	$\frac{P(kW)}{n}$	T_n	n	DIMENSIONES mm									J	Peso
		Nominal	Velocidad Max.	d. max.	d. min.	D	D ₁	D ₂	$l_1 = l_2$	a min.	b	s		
A88	0,0038	37,5	4800	25	10	88	66	38	40	1	3	63	0,0014	2
A120	0,0071	70	3650	40	15	120	90	56	45	1	3	65	0,0073	5
A125	0,014	140	3650	40	15	120	90	56	45	1	3	65	0,0073	5
A155	0,023	225	3100	54	20	155	120	75	55	1	5	85	0,018	8,5
A175	0,041	400	2750	68	20	175	142	95	60	1	5	85	0,034	12,5
A195	0,066	650	2450	82	20	195	162	115	70	1	5	85	0,063	17,5

PROGRAMACIÓN

5. Software y programación.

En el programa del PLC, vienen todas las notas de las variables usadas y la descripción de cada bloque. El software usado para estos es **WinCC Flexible** y **Microwin**.

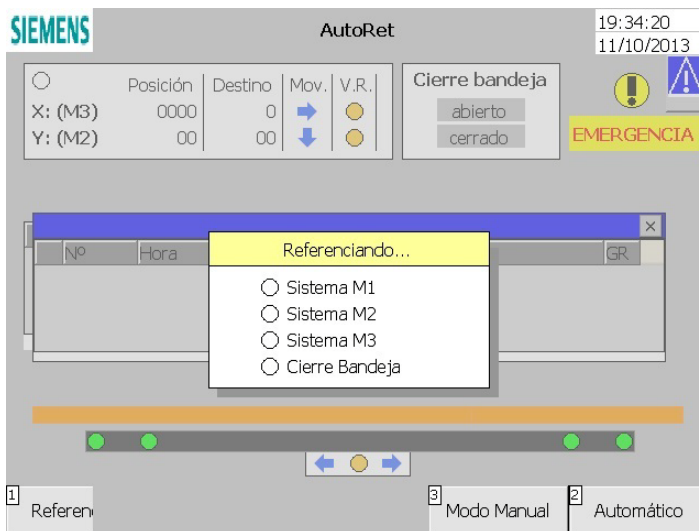
5.1. Programa PLC Auto retales

5.1.1. Memoria PLC

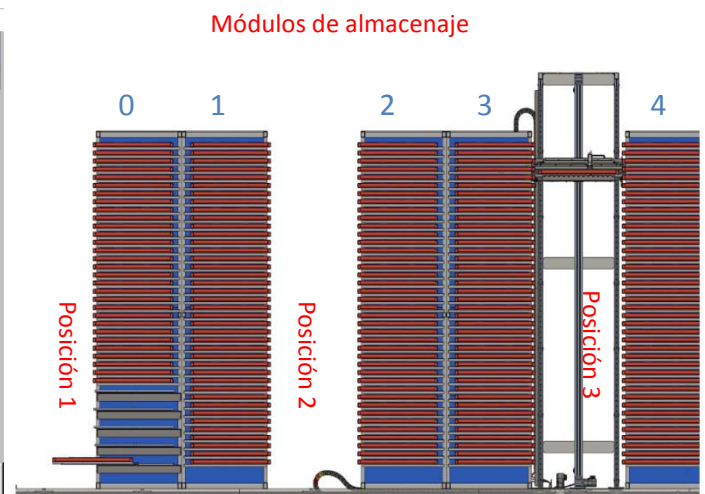
5.1.2. Video Entrenador PLC

5.2. Programa HMI Touch Auto retales

5.2.1. Descripción de las Pantallas



Pantalla general



Perfil almacén automático



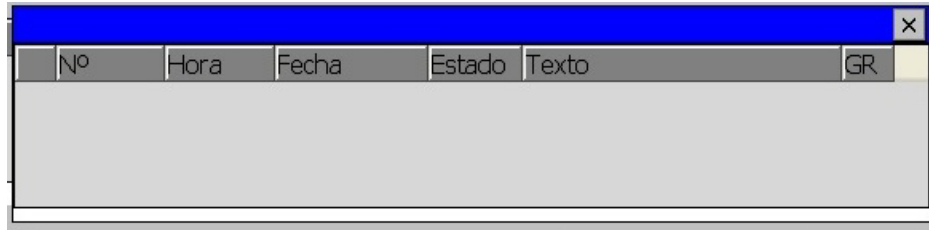
Botón de encendido ON

Esta sección engloba el estado de los Sistemas M1 y M2. Recorriendo de izquierda a derecha la imagen. Tenemos la posición de los motores M2 y M3, el destino que indica la posición a la que queremos ir, el movimiento indica la dirección en la que se están moviendo y V.R. indica movimiento de Velocidad reducida.

PROGRAMACIÓN

Ya en otro bloque tenemos la monitorización del actuador que nos indica el estado del gancho si esta activo (cerrado) o retraído (abierto).

Por otro la señal de emergencia que solo aparecerá en caso de alerta, bien por paro de emergencia o activación de la barrera óptica.



Esta sección indica variables y el estado de la conexión y permanece oculta durante la ejecución del programa.



Esta imagen nos detalla el sistema M1, de arriba abajo vemos que nos indica un numero solo aparecerá si la bandeja está cargada, el numero indica el origen de la bandeja, el numero que corresponde a las centenas indica el modulo de almacén y los dos dígitos decenas y unidades corresponden al número de bandeja. Si el número no tiene centenas corresponde al modulo cero.

El rectángulo naranja solo aparece si la bandeja está cargada es la visualización de si hay bandeja en el carro o no.

El siguiente punto es el sistema M1 en los extremos más distantes tenemos los sensores inductivos que fijan la posición del actuador para el uso del gancho y para la inserción y extracción de bandejas. Los puntos verdes más cercanos entre si hacen referencia a dos finales de carrera y sirven para activar la reducción de velocidad. Para posicionar la bandeja en el centro del carro cuando el sistema M2 se mueve verticalmente, además también sirven para posicionar el actuador cuando no hay bandeja sobre el sistema M1 y verificar que M2 puede moverse libremente.

La parte final nos indica la dirección de movimiento y si está o no en velocidad reducida.

Referenciando...

☐ Sistema M1

☐ Sistema M2

☐ Sistema M3

☐ Cierre Bandeja

Cuando arrancamos la maquina el primer ciclo que hace siempre, es referenciar (boton1) los ejes primero el LED cierre bandeja indica la entrada "gancho retraído" una vez activo, el sistema M1 se mueve hasta el final de carrera izquierdo el siguiente es M2 accionando el final de carrera superior M2 y después final de carrera Zh e inductivo PHome activos y concluimos el referenciado. Se queda en esta posición hasta nueva entrada y a la vez nos activa el botón modo automático (boton2).

Una vez pulsado el modo automático nos aparece la siguiente pantalla.

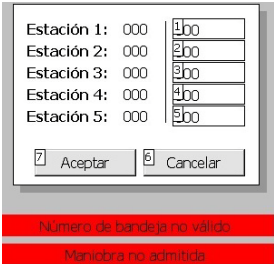
Pantalla principal

De la que ya hemos explicado algunas secciones. Nos centramos en estas de abajo.

En la izquierda vemos zona AUTO que activaremos una vez definidas las maniobras.

En la zona central es donde nos indica el estado del sistema que bandejas hay cargadas en cada estación y que bandejas hay que cargar o porque bandejas hay que cambiarla. Los LED indicaran el orden en que está realizando las maniobras.

Para operar en modo automático primero debemos pulsar el boton1 "configurar maniobras" y nos aparece el siguiente cuadro.



Estación 1:	000	100
Estación 2:	000	200
Estación 3:	000	300
Estación 4:	000	400
Estación 5:	000	500

Número de bandeja no válido

Maniobra no admitida

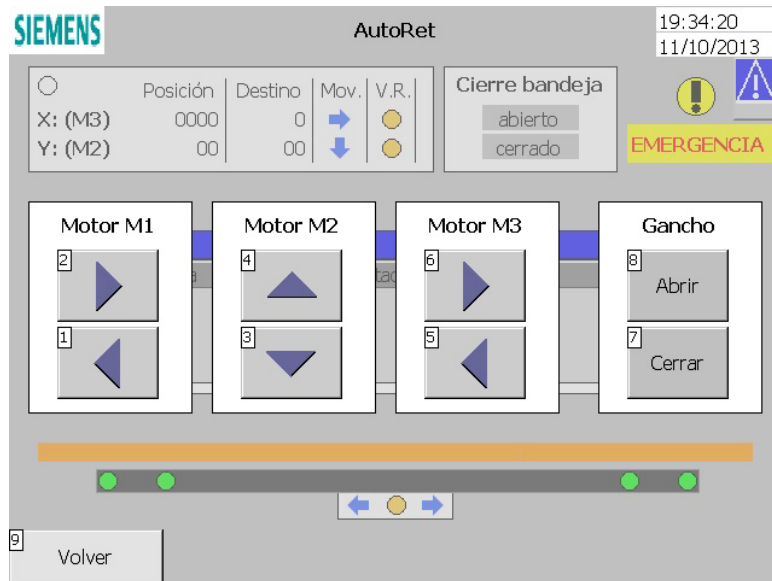
Donde introducimos el numero de bandeja que queremos cargar en la estación elegida pulsamos Intro para aceptar la operación, en ese instante internamente se ejecuta el script que verifica que el numero que hemos introducido es correcto sino saltara alguno de los indicadores en rojo que vemos en la imagen. El script se llama **configurarmaniobras** y lo que hace es crear una variable de 5 datos (5estaciones) en el dato 0 grabamos el nuevo valor que le hemos asignado a la bandeja y lo almacenamos en una variable temporal y así con los 5 datos. Para poder compararlo cogemos los 5 valores reales que hay en la bandeja y los recorremos con un **for** comparando que el valor introducido es válido para esto ejecutamos otra instrucción que también tenemos definida y se llama **esestanteriavalida** y lo único que hace esta es comparar que el numero de bandeja está entre los valores que corresponden al número de bandejas (1 - 35, 101 - 140, 201 - 241, 301 - 341 y 401 - 440). Otra comprobación que se hace es que el número de bandeja no está repetido ya que no se puede cambiar bandejas de un sitio a otro que no sean las estaciones de cola. Si todo esta correcto volvemos a la pantalla principal.

Ya solo nos queda activar el modo automático y pulsar el botón iniciar maniobras y automáticamente comenzaría el ciclo de carga o descarga. En la pantalla principal podemos ver también el botón editar esto nos permite forzar cambios en el inicio de nuestra maniobras y cambiar los datos de la bandeja y las estaciones.



CONFIGURACION ACTUAL	
Bandeja en Estación 1:	200
Bandeja en Estación 2:	300
Bandeja en Estación 3:	400
Bandeja en Estación 4:	500
Bandeja en Estación 5:	600
Bandeja en Extractor:	700

Número de bandeja no válido



Por último la pantalla del modo manual solo se usara en caso de avería o parada de emergencia para salir de una situación puntual. Moviendo los motores pulsando sobre las flechas siempre en velocidad reducida o abrir y cerrar gancho.

5.2.2. [Variables HMI](#)

5.2.3. [Video HMI Touch](#)

5.3. Animaciones 3D.

5.3.1. [Ciclo de Referencia HOME](#)

5.3.2. [Ciclo de carga y descarga de la Bandeja](#)

5.4. Funcionamiento de Sistemas.

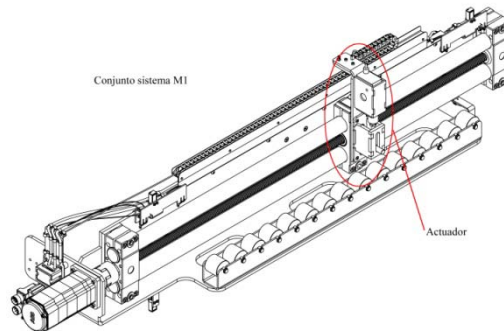
Las consideraciones previas a la descripción de los sistemas son:

Cuando hay movimiento solo puede haber un sistema en funcionamiento nunca dos a la vez.

El primer paso antes de cualquier carga o descarga es que cuando arrancamos la maquina esta hace un Home - referencia sus ejes a velocidad reducida.

Si el sistema falla la maquina pasa del modo automático al manual y necesita la intervención de operario.

5.4.1. Sistema M1 mas actuador.



5.4.1.1. Modo carga

Cuando el sistema M1 está activo en modo de carga el actuador debe estar retraído (Gancho retraído "posición corta") comienza así un recorrido a izquierda o derecha donde pasara primero por un final de carrera que reduce la velocidad del motor M1 hasta que alcanza la posición de carga, esta se da cuando el soporte del actuador activa el sensor inductivo. Una vez alcanzada esta posición el sistema se prepara para la carga activando el actuador (gancho activo "posición extendida"), seguidamente el motor invierte la dirección y extrae la bandeja hasta llegar al final de carrera del otro extremo, quedando la bandeja en el centro del sistema M1. Esta sería la posición válida para que pueda pasar a movimiento el sistema M2.

5.4.1.2. Modo descarga.

Partimos de la bandeja centrada en M1. Hay dos posibles situaciones:

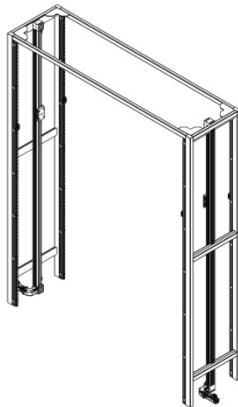
Una sería que estando el actuador en la izquierda deba descargar la bandeja en la derecha por tanto el actuador seguirá modo gancho activo y el motor M1 activo hace que el sistema M1 empuje la bandeja a su alojamiento derecho correspondiente del mismo modo comentado anteriormente. Activa final de carrera, reduce velocidad, activo sensor inductivo, gancho retraído, movimiento hacia la izquierda hasta el primer final de carrera. Posición libre para M2.

El otro caso sería que el actuador este en el lado derecho y deba meter la bandeja en el mismo lado. El ciclo es gancho retraído mueve M1 a izquierdas hasta primer final de carrera. Activo el gancho y a partir de aquí mismos pasos que el anterior.

5.4.1.3. *Modos Seguridad.*

Este sistema lleva varios sistemas de seguridad para proteger la maquina, son 4 barreras ópticas que detectan obstáculos como puede ser bandeja mal colocada o retal fuera de la bandeja, estos detendrían la maquina hasta revisión por operario. También lleva dos finales de carrera de para evitar colisión por sobre pasamiento en los extremos junto al sensor inductivo. Cortarían la corriente del sistema.

5.4.2. *Sistema M2.*



Una vez activo este sistema, tiene solo una posición posible para el movimiento horizontal siendo esta en la que el sistema M1 está en la parte alta del sistema M2 y tiene activo el final de carrera superior. Los desplazamientos horizontales son necesarios para colocar este sistema en las cuatro posiciones útiles, que definimos como posición 1, 2, 3 y Home.

Las posiciones 1, 2 y 3 son de carga y descarga de bandejas, con la salvedad de que la uno difiere del resto en que engloba las cinco estaciones de cola de producción.

En cualquiera de las posiciones 1, 2, o 3 los motores M2 pueden moverse en sentido vertical hasta alcanzar la posición de la bandeja deseada, lo cual conseguimos con unas marcas en la propia guía lineal y un contador en el patín de desplazamiento M2.

Cuando el sistema va a cargar una bandeja o a descargarla, el contador cuenta y dos posiciones antes de la posición deseada reduce la velocidad de los motores M2 hasta llegar al alojamiento.

La posición Home sirve para referenciar la maquina en el arranque.

5.4.3. Sistema M3.

El sistema M3 se ha comentado brevemente en el apartado anterior, a él van acoplados los sistemas M1 y M2. Cuando estos dos están en modo reposo y en condiciones validas para movimiento M3, es cuando el sistema M3 puede desplazar a los otros dos mediante guías lineales por cremallera a las posiciones mencionadas antes. Para conseguir esto este sistema cuenta con sensores inductivos y finales de carrera.

En cada posición encontramos un soporte que lleva acoplados dos finales de carrera a cada extremo y un sensor un inductivo en el centro. Los finales de carrera indican la zona en la que se encuentra el sistema y además activan la velocidad reducida antes de llegar a la posición deseada, la cual es marcada por el inductivo. Estos marcajes son posibles a que en el sistema M3 va acoplado en su zona central un soporte que activa estos sensores conforme pasa por la zona.

También hemos puesto como seguridad a los extremos de la guía lineal finales de carrera que se activan por sobre pasamiento y cortaría la corriente del sistema, además de topes mecánicos, para evitar colisiones bruscas.

PLANOS

6. Planos generales.

6.1. Planos SolidWorks

6.2. Representación Eléctricos

Los planos eléctricos expuestos son más bien representativos no funcionales, dejando esta parte para un proyecto propio.

6.3. Imágenes CGI

6.4. Modelos Virtuales 3D.*

6.4.1. Almacén Automático Completo

6.4.2. Sistema M1

6.4.3. Sistema M2

6.4.4. Sistema M3

6.4.5. Estructura o almacén de cola

6.4.6. Bandeja

*Nota: Para mover con fluidez los modelos 3D, es necesario una versión reciente de adobe y un Ordenador de cierta potencia grafica. (Comprobado en un PC: QuadCore, 8GB RAM, Nvidia Quadro FX3500)

PRESUPUESTO

7. Detalles de presupuesto.

El presupuesto incluye en número de piezas del proyecto, la referencia a plano en SolidWorks, una breve descripción, El fabricante o vendedor, un multiplicador por dos de si tiene simetría o no, la cantidad unitaria respecto al plano y el precio de la misma.

Los precios algunos han sido consultados a proveedores, otros simplemente han sido copiados de internet.

N.º DE ELEMEN TO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	FABRICANTES	SIMETRÍA	CANTIDAD AD TOTAL	PRECIO/UD(€)	TOTAL (€)
1	AR_M01_005v01	Husillo sistema M1	RK Rose Krieger	1	2	0	0
2	AR_M01_004v01	SopORTE Guía lineal Husillo	RK Rose Krieger	2	4	0	0
3	ARF0001	Tornillo cabeza hueca	RK Rose Krieger	12	24	0	0
4	ARF0002	Tuerca	RK Rose Krieger	12	24	0	0
5	AR_M01_003v01	Patín Guía lineal Husillo	RK Rose Krieger	1	2	0	0
6	AR_M01_010v01	Tubo Guía lineal por Husillo	RK Rose Krieger	2	4	0	0
7	AR_M01_006v01	Tapón guía lineal Husillo	RK Rose Krieger	4	8	0	0
8	AR_M01_007v01	Rodamiento a bolas Husillo	RK Rose Krieger	1	2	0	0
9	AR_M01_008v01	Rosca Husillo	RK Rose Krieger	1	2	0	0
10	AR_M01_011v01	Tapón guía lineal por Husillo	RK Rose Krieger	2	4	0	0
		GUÍA COMPLETA "Serie EP "	RK Rose Krieger	1	2	325	650
11	instrument ball bearing_68_am	Tornillería	Suministros Murcia	4	8	0,25	2
12	B18.3.5M - 6 x 1.0 x 20 Socket CHS	Tornillería	Suministros Murcia	10	20	0,2	4
13	AR_M01_009v01	Chapa plegada soporte sistema M1	Joaquín Martínez S.L.	2	4	1,2	4,8
14	AR_M01_012v01	Parte de acoplador	Joaquín Martínez S.L.	1	2	0,51	1,02
15	AR_M01_013v02	Parte de acoplador	Joaquín Martínez S.L.	1	2	1,25	2,5
16	AR_M01_013v01	Parte de acoplador	Joaquín Martínez S.L.	1	2	1,25	2,5
17	AR_M01_020v01	SERVOMOTOR serie 9C1	ABB servo motors	1	2	435	870
18	AR_M01_019v01	Eje Servomotor	ABB servo motors	2	4	1	4
19	ARF0004	Chaveta	ABB servo motors	1	2	0	0
20	AR_M01_024v02	Leva extractora M1	RK Rose Krieger	1	2	0	0
21	AR_M01_026v01	Rodillos. Guía extracción M1	RK Rose Krieger	15	30	0	0
22	AR_M01_025v01	Guía extracción M1	RK Rose Krieger	1	2	0	0
23	ARF0006	Bulón	RK Rose Krieger	15	30	0	0
25	AR_M01_015v01	Motor Eléctrico Empujador	RK Rose Krieger	2	4	0	0
26	AR_M01_017v01	Tuerca Empujador	RK Rose Krieger	1	2	0	0
27	AR_M01_016v01	Leva Empujador	RK Rose Krieger	1	2	0	0
		ACTUADOR LEVA 40-100MM F500N	RK Rose Krieger	1	2	85	170
24	B27.8M - 3FM1-11	Tornillería	Suministros Murcia	60	120	2,25	270
28	AR_M01_018v01	Chapa Soporte Empujador M1	Joaquín Martínez S.L.	1	2	3,2	6,4
29	AR_M01_023v02	Suplemento Chapa. Empujador M1	Joaquín Martínez S.L.	1	2	0,15	0,3
30	AR_M01_028v01	Chapa para soldar. Sujeción Empujador M1	Joaquín Martínez S.L.	2	4	0,5	2

PRESUPUESTO

N.º DE ELEMEN TO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	FABRICANTES	SIMET RÍA	CANTID AD TOTAL	PRECIO/UD(€)	TOTAL (€)
31	AR_M01_029v01	Chapa para soldar Stma extracción M1	Joaquín Martínez S.L.	1	2	0,5	1
32	AR_M01_030v01	Chapa para soldar Stma Extracción M1	Joaquín Martínez S.L.	2	4	1,05	4,2
33	AR_M01_027v01	Chapa para soldar. Corredera Empujador M1	Joaquín Martínez S.L.	1	2	1,05	2,1
34	AR_M01_031v01	Suplemento de chapa	Joaquín Martínez S.L.	2	4	0,95	3,8
35	ARS0003	Chapa tope finales de carrera	Joaquín Martínez S.L.	1	2	0,95	1,9
36	ARS0015	Chapa Angulo soporte sensores M1	Joaquín Martínez S.L.	1	2	3,25	6,5
37	ARS00012	Chapa Angulo soporte sensores	Joaquín Martínez S.L.	2	4	2	8
38	ARS0008	Final de carrera	Rexroth de Bosch	24	48	2	96
39	ARS0007	Leva del final de carrera	Rexroth de Bosch	24	48	0,5	24
40	ARS0009	Bulón	Rexroth de Bosch	24	48	0,5	24
41	B18.6.7M - M6 x 1.0 x 20 Type I Cross Recessed FHMS --20N	Tornillería	Suministros Murcia	110	220	0,15	33
42	B18.2.4.5M - Hex jam nut, M6 x 1 --D-N	Tornillería	Suministros Murcia	40	80	0,15	12
43	B18.21.2M- Internal Tooth Lock Washers_AM3	Tornillería	Suministros Murcia	90	180	0,1	18
44	B18.2.4.1M - Hex nut, Style 1, M2 x 0.4 -D-N	Tornillería	Suministros Murcia	124	248	0,1	24,8
45	B18.6.7M - M6 x 1.0 x 16 Indented HFMS --16N	Tornillería	Suministros Murcia	16	32	0,1	3,2
46	B18.2.4.2M - Hex nut, Style 2, M5 x 0.8 -D-N	Tornillería	Suministros Murcia	8	16	0,1	1,6
47	B18.3.1M - 4 x 0.7 x 25 Hex SHCS --25NHX	Tornillería	Suministros Murcia	354	708	0,1	70,8
48	B18.22M - Plain washer, 2.5 mm, narrow	Tornillería	Suministros Murcia	32	64	0,1	6,4
49	ARS013	Chapa conectores y cables	Joaquín Martínez S.L.	1	2	3,5	7
50	ARF00018	Separador Metacrilato	Joaquín Martínez S.L.	4	8	1	8
51	AR_M01_032v01	Canal de chapa portacables	Joaquín Martínez S.L.	1	2	2,25	4,5
52	richco_dhure-4-01-dualclip	clip	Suministros Murcia	4	8	0,15	1,2
53	ARS014	Chapa conectores	Joaquín Martínez S.L.	1	2	0,56	1,12
54	connector (3pin) male	Conector	Electrónica Rayte	30	60	0,25	15
55	ARE0003	Final de carrera	Electrónica Rayte	16	32	0,98	31,36
56	Cable_1	cable	Electrónica Rayte	24	48	0,75	36
57	Cable_2	cable	Electrónica Rayte	10	20	1,25	25
58	Cable_3	cable	Electrónica Rayte	5	10	1,5	15
59	Envoltura aislante:Blk Tape	aislante	Electrónica Rayte	4	8	0,85	6,8
60	ARS0010	sensor fotoeléctrico 1 rayo	Electrónica Rayte	8	16	3	48
61	Envoltura aislante:Blk	aislante	Electrónica Rayte	5	10	1,35	13,5
62	ARS0001	Sensor inductivo	Electrónica Rayte	12	24	3	72

PRESUPUESTO

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	FABRICANTES	SIMETRÍA	CANTIDAD TOTAL	PRECIO/UD(€)	TOTAL (€)
63	connector (3pin) female	conector hembra	Electrónica Rayte	10	20	1,75	35
64	ARC0011	conector hembra	Electrónica Rayte	10	20	0,5	10
65	ARE0005	Tapa cables y conectores	Joaquín Martínez S.L.	1	2		0
66	cableconstraint	cable	Electrónica Rayte	2	4		0
67	AR_M01_033v01	Cadenaportacables mini	IGUS guías y cadenas portacables	1	2	80	160
68	AR_M01_034v01	Eslabón Cadenaportacables	IGUS guías y cadenas portacables	10	20	1	20
69	AR_M01_036v01	Fijación Cadenaportacables	IGUS guías y cadenas portacables	1	2	5	10
70	AR_M01_037v01	Fijación Cadenaportacables	IGUS guías y cadenas portacables	1	2	5	10
71	AR_M01_035v01	Guía metálica	Joaquín Martínez S.L.	1	2	1	2
72	AR_M01_038v01	Suplemento Metacrilato	Joaquín Martínez S.L.	1	2	3,75	7,5
73	B18.3.4M - 3 x 0.5 x 6 SBHCS --N	Tornillería	Suministros Murcia	24	48	0,25	12
74	B18.22M - Plain washer, 3.5 mm, regular	Tornillería	Suministros Murcia	4	8	0,21	1,68
75	richco_hure-4-01-clip	Clip	Suministros Murcia	4	8	0,25	2
76	ART003v02	Estructura sistema móvil M2	Joaquín Martínez S.L.	1	1	300	300
77	AR_M02_014v01	Chapa centradora guía M2	Joaquín Martínez S.L.	6	12	4,95	59,4
78	ARF00011	Sujeción guía tornillos	HEPCOMOTION	208	416	0,25	104
79	AR_M02_003v01	Guía lineal sistema M2	HEPCOMOTION	16	32	0	0
80	AR_M02_004v01	Patín guía lineal sistema M2	HEPCOMOTION	4	8	0	0
81	AR_M02_005v011	Final de carrera sistema M2	HEPCOMOTION	2	4	0	0
82	AR_M02_006v011	Patín guía lineal sistema M2	HEPCOMOTION	1	2	0	0
83	AR_M02_007v011	Acople polea Guía lineal M2	HEPCOMOTION	1	2		0
84	AR_M02_008v011	Perfil aluminio extruido guía lineal M2	HEPCOMOTION	1	2	0	0
		GUÍA COMPLETA "DLS 4 "	HEPCOMOTION	1	2	2365,52	4731,04
85	AR_M02_013v01	Servomotor	ABB servo motors	4	8	0	0
86	AR_M02_024v01	Reductor	ABB servo motors	2	4	0	0
87	AR_M02_017v01	Reductor angular	ABB servo motors	2	4	0	0
88	AR_M02_016v01	Tapa reductor	ABB servo motors	2	4	0	0
89	AR_M02_019v01	Acoplamiento servomotor-reductor	ABB servo motors	4	8	0	0
90	AR_M02_015v01	cojinete Eje	ABB servo motors	2	4	0	0
		SERVOMOTOR serie 9C1 + REDUCTOR50:1	ABB servo motors	2	4	965	3860
91	Parallel key A6 x 6 x 50 DIN 6885	carril DIN		4	8	1,95	15,6
92	AR_M03_008v01	Perfil aluminio extruido	BAHR	4	4	65	260
93	AR_M03_009v01	Tapa	BAHR	4	8	0,95	7,6
94	AR_M02_023v01	Úes sujeta guías	Joaquín Martínez S.L.	28	56	0,9	50,4
95	B18.21.2M-External Tooth Lock Washers_AM5	Tornillería	Suministros Murcia	56	112	0,1	11,2
96	ARF00013	Soportes canales guía cadenasportacables	Joaquín Martínez S.L.	12	24	3	72
97	AR_M03_012v01	Guía lineal M3	Rexroth de Bosch	1	2	0	0
98	AR_M03_013v01	Patín guía lineal M3	Rexroth de Bosch	3	6	0	0
99	AR_M03_004v02	Predeterminado	Rexroth de Bosch	1	2	0	0
100	AR_M03_005v02	Placa de anclaje Estructura	Joaquín Martínez S.L.	3	6	0	0
101	AR_M03_019v01	Cremallera	Rexroth de Bosch	7	14	0	0

PRESUPUESTO

N.º DE ELEMEN-TO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	FABRICANTES	SIMET- RÍA	CANTID AD TOTAL	PRECIO/U D(€)	TOTAL (€)
102	AR_M03_018v01	Piñón	Rexroth de Bosch	1	2	0	0
		GUÍA COMPLETA "R310ES 2217 " Cremallera	Rexroth de Bosch	1	2	2568	5136
103	AR_M03_020v01	Visor pinoncremallera	Joaquín Martínez S.L.	1	2	2	4
104	AR_M03_021v01	Angulo soporte cadenaportacables	Joaquín Martínez S.L.	1	2	6,56	13,12
105	AR_M03_029v01	Detector Final de carrera	Joaquín Martínez S.L.	2	4	2,2	8,8
106	AR_M02_028v01	Guía cadenaportacables	Joaquín Martínez S.L.	2	4	6,5	26
107	AR_M02_026v01	Sujeción cadenaportacables	Joaquín Martínez S.L.	4	8	2	16
108	AR_M02_027v01	Sujeción cadenaportacables	Joaquín Martínez S.L.	4	8	2	16
109	AR_M02_025v02	Eslabón grande cadenaportacables	IGUS guías y cadenas portacables	456	912	0	0
		CADENA PORTACABLES COMPLETA	IGUS	1	2	325	650
110	AR_M03_023v01	Amortiguador mecánico STD 2.0 M x 1-FB-KK	KMS	2	4	45,25	181
111	AR_M03_026v01	Tope de goma	KMS	2	4	0,99	3,96
112	AR_M03_027v01	Muelle tope mecánico	KMS	2	4	1	4
113	AR_M03_025v01	Tope de goma	KMS	2	4	1	4
114	AR_M03_024v01	SopORTE tope mecánico	KMS	4	8	4,25	34
115	AR_M03_028v01	Chapa soporte Topes mecánicos Sistema M3	Joaquín Martínez S.L.	2	4	3,2	12,8
116	AR_M02_028v02	Guía cadenaportacables	Joaquín Martínez S.L.	2	4	6,25	25
117	ARE0009	Armario eléctrico	Schneider Electric	1	2	379,64	759,28
118	ARE0010	Puerta armario eléctrico	Schneider Electric	1	2	0	0
119	ARE0011	Tapa armario eléctrico	Schneider Electric	1	2	0	0
120	ARE0012	Canal din	Schneider Electric	3	6	3,255	19,53
121	ARE0014	Indicador luminoso	Schneider Electric	1	2	25	50
122	ART002v01	Estante alojamientos	Joaquín Martínez S.L.	4	4	482,5	1930
123	ART001v03	Bandeja soportes	Joaquín Martínez S.L.	190	190	56,25	10687,5
124	ART004v01	SopORTE Armario protección eléctrico	Joaquín Martínez S.L.	1	1	75	75
125	ARF00014	Losa de hormigón armado	Hormisa	1	1	3000	3000
126	ARF00015	Angulo de chapa	Joaquín Martínez S.L.	6	12	12	144
127	ARF00016	Chapa Suplemento	Joaquín Martínez S.L.	6	12	4,95	59,4
128	Cable_4	cable	Electrónica Rayte	3	6	50	300
129	Cable_5	cable	Electrónica Rayte	2	4	50	200
130	ARE0007	Conector 12	Electrónica Rayte	6	12	3,25	39
131	Envoltura aislante:Tape .25in RED	aislante	Electrónica Rayte	3	6	3,25	19,5
132	ARE0008	conector 7+1	Electrónica Rayte	6	12	5,9	70,8
133	ART005v01	Tapas laterales estantes	Joaquín Martínez S.L.	40	80	3,25	260
134	ART006v01	Tapas laterales estantes	Joaquín Martínez S.L.	5	10	10,25	102,5
135	ART002v03	Estante alojamientos	Joaquín Martínez S.L.	1	1	395	395
136	AR_M02_030v01	Parte guía telescópica	CHAMBRELAN	8	16	0	0
137	AR_M02_031v01	Parte guía telescópica	CHAMBRELAN	8	16	0	0
138	AR_M02_032v01	Parte guía telescópica	CHAMBRELAN	8	16	0	0
139	AR_M02_033v01	Parte guía telescópica	CHAMBRELAN	8	16	0	0
140	AR_M02_034v01	Parte guía telescópica	CHAMBRELAN	8	16	0	0
		GUÍA TELESCÓPICA COMPLETA	CHAMBRELAN	8	8	105,75	846
141	ART007v01	Angulo soporte guía telescópica Cola	Joaquín Martínez S.L.	8	16	6,95	111,2
142	ARS0006	Chapa Angulo soporte sensores	Joaquín Martínez S.L.	8	16	2,15	34,4

PRESUPUESTO

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	FABRICANTES	SIMETRÍA	CANTIDAD TOTAL	PRECIO/UNIDAD(€)	TOTAL (€)	
		M3						
143	ARS0002	Tuerca fina	Suministros Murcia	16	32	0,15	4,8	
144	B18.6.7M - M2 x 0.4 x 13 Indented HHMS -- 13N	Tornillería	Suministros Murcia	32	64	0,15	9,6	
145	AR_M03_030v01	Soporte Final de carrera corte corriente	Joaquín Martínez S.L.	4	8	2,15	17,2	
146	Interior Armario Eléctrico	PLC S7-200	Rayte - Siemens	1	1	575	575	
147	Interior Armario Eléctrico	FA PLC s7-200	Rayte - Siemens	1	1	125	125	
148	Interior Armario Eléctrico	Modulo DE E/S EM223	Rayte - Siemens	2	2	235	470	
149	Interior Armario Eléctrico	Contactores	Rayte - ABB - Schneider Electric	6	6	65	390	
150	Interior Armario Eléctrico	Arrancador Suave	Rayte - ABB - Schneider Electric	3	3	685	2055	
151	Interior Armario Eléctrico	Fusible	Rayte - ABB - Schneider Electric	9	9	45	405	
152	Interior Armario Eléctrico	Interruptores Magnetotermicos	Rayte - ABB - Schneider Electric	3	3	35	105	
153	Interior Armario Eléctrico	Interruptor Diferencial	Rayte - ABB - Schneider Electric	1	1	56	56	
154	Interior Armario Eléctrico	Interruptor General	Rayte - ABB - Schneider Electric	1	1	45	45	
155	Interior Armario Eléctrico	Pulsadores, Botones marcha paro	Rayte - ABB - Schneider Electric	5	5	80	400	
156	Interior Armario Eléctrico	Señales luminosas, Balizas	Rayte - ABB - Schneider Electric	6	6	65	390	
157	HMI interface táctil	Pantalla Táctil control (MP270 10" TOUCH)	Rayte - Siemens	1	1	765	765	
	OTROS CONCEPTOS							
		Mano de obra	Puesta en Marcha		200	20	4000	
							Total sin IVA	47407,1
								21%
							Total con IVA	57362,6

Precio total del proyecto = 47407,10€+ IVA

CONCLUSIÓN

Como resultado del proyecto, podemos extraer las siguientes conclusiones:

- En este proyecto se pueden sustituir varios servomotores por motores asíncrono más baratos.
- En cuanto a las guías lineales se ha querido usar los tres sistemas más usados en la industria, husillo, correa dentada y cremallera. Pero se pueden simplificar y homogeneizar tanto la lista de fabricantes usados como guías lineales simples y no módulos accionados que son más costosos.
- La fabricación y el funcionamiento intuye que en caso de realización y puesta en marcha del proyecto, se debe realizar un anejo únicamente para el montaje del mismo. Donde se indiquen tolerancias y útiles de fabricación que minimicen el error de montaje.
- La precisión del sistema está seriamente limitada por el diseño de la mecánica de adaptación. Subestimar esto en beneficio de sistemas de medida o controles de alta resolución (muy caros) resulta irresponsable y poco práctico.
- Esta máquina puede calificarse como dinámicamente lenta, pero no se busca velocidad en ella sino fiabilidad, gestión y bajo precio.
- Después de este proyecto surgen nuevas ideas y formas de mejorar este almacén automático.

A título personal.

He aprendido mucho con el estudio e investigación de este proyecto, cursos, lecturas, cálculos, muchos bocetos y diseños. Todo esto me ha llevado a entender la importancia desde un boceto a mano alzada de una idea, hasta el detalle de cálculos y diseños que se necesitan para que un proyecto se haga realidad y pueda ser viable.

También el trabajar en una empresa de fabricación donde se manejan maquinas CNC. Me ha dado muchas ideas de diseño y conocimiento de los problemas relacionados con la fabricación real.

Para futuros me gustaría seguir en la línea de lo aprendido y centrarme en proyectos sobre el almacenamiento y la producción en vertical. Además de hacer maquetas de los mismos para estudiar su comportamiento.

BIBLIOGRAFÍA

La documentación expuesta en la bibliografía engloba. Libros, apuntes, proyectos, manuales, catálogos, hojas de datos, cursillos y un largo etc. Los vínculos enlazan a un archivo y la sección Webgrafía a una página Web. El archivo que menos, ha sido leído y el conjunto de todos ha hecho posible el desarrollo de proyecto.

- **Automatización.**

- a) [Autómatas](#)
- b) [Automatismos Industriales](#)
- c) [Automatismos Secuenciales con GRAFCET](#)
- d) [Automatización - Problemas Resueltos](#)
- e) [Bus Profibus](#)
- f) [Catálogos FESTO 2011-2012](#)
- g) [Control motor DC mediante PLC](#)
- h) [Controladores Programables - Ejemplos](#)
- i) [CPU, PLC, Físico](#)
- j) [Ejemplo Automatización Mezcla](#)
- k) [Electricidad](#)
- l) [Electrónica Digital](#)
- m) [Elementos de Automatización](#)
- n) [Esquemas de Automatismos](#)
- o) [GRAFCET](#)
- p) [Interfaz E-S](#)
- q) [Intro configuración PLC](#)
- r) [Mantenimiento Almacén Automatizado](#)
- s) [Manual de estación - proyecto](#)
- t) [Manual pantallas PLCs Ingles](#)
- u) [Manual PLC general preparado](#)
- v) [Manuales estado automática](#)
- w) [PLCs domotica](#)
- x) [Protocolos de comunicación](#)
- y) [Rexroth Indramat ECODRIVE03](#)
- z) [S7-200 contenido de iniciación](#)
- aa) [S7200-1HORA](#)

- bb) [S7200-2HORAS](#)
- cc) [S7200-Catalogo](#)
- dd) [S7200-MANUAL funcionamiento](#)
- ee) [Sistema Base](#)
- ff) [Tesis tableros entrenadores - PLC S200 motores](#)
- gg) Curso automatización.
 - [CAP. 01 Introducción](#)
 - [CAP. 02 Documentación de Sistemas de Control](#)
 - [CAP. 03 Sensores](#)
 - [CAP. 04 Controladores](#)
 - [CAP. 05 Estrategias de control Clásico](#)
 - [CAP. 06 Estrategias de Control Avanzadas](#)
 - [Info PLC](#)

- **Dispositivos de Medición y Control.**

- a) [Actuadores, sensores -Tema 6- FESTO](#)
- b) [Actuadores, sensores y servos](#)
- c) [Características de la Placa controladora](#)
- d) [Circuitos de control y motores eléctricos](#)
- e) [Conexiones periféricos](#)
- f) [Controladora motores](#)
- g) [Controladora motores2](#)
- h) [Controladora PaP](#)
- i) [Convertidores y demás circuitos motor](#)
- j) [EDUtrainer_ES- FESTO](#)
- k) [Guía práctica de selección y puesta en marcha Var. Vel.](#)
- l) [Manual del Encoder](#)
- m) [IyCnet S7 1200 Paso a Paso v1.0](#)
- n) [Tipos de sensores interruptores motores y tipos de mantenimiento](#)
- o) [Variadores de velocidad y arrancadores](#)
- p) [Variadores velocidad Siemens](#)

- **Eléctricos.**

- a) [Catalogo convertidores WEG](#)
- b) [Control analógico de un servomecanismo](#)
- c) [Señalizadores extensibles UNEX](#)

- **Normativa.**

- a) [Diseño de maquinas normativa comunitaria](#)
- b) [Reglamento - RBT](#)

- **Elementos de Sistemas Mecánicos.**

- a) [Acoplamientos de precisión](#)
- b) [Actuadores electromecánicos NIASA-MAGZA](#)
- c) [Cadenas Regina especificaciones](#)
- d) [Cadenas traza](#)
- e) [Cajas de engranajes planetarias](#)
- f) [Cálculos guías lineales INA](#)
- g) [Catalogo Acoplamientos KTR](#)
- h) [Catálogo cadenas yuk](#)
- i) [Catalogo cremallera y piñón Wittenstein](#)
- j) [Catalogo general -UK- RK ROSE KRIEGER](#)
- k) [Catalogo guías lineales correa FESTO](#)
- l) [Catalogo guías lineales FESTO](#)
- m) [Catalogo guías lineales IKO](#)
- n) [Catalogo guías lineales motores etc. - BAHR](#)
- o) [Catálogo guías motorizada - HEPCOMOTION](#)
- p) [Catalogo productos MASKA - BALDOR](#)
- q) [Catalogo Selección guías lineales THK](#)
- r) [Catalogo sistemas de transmisión SFK](#)
- s) [Cilindros vástago eléctricos](#)
- t) [Correas dentadas Teoría calculística](#)
- u) [Correas y Cadenas - Selección y Calculo](#)

- v) [Engranajes01](#)
- w) [Engranajes02](#)
- x) [Fuerzas de Rozamiento](#)
- y) [Guía Lineales part1 - RK Rose Krieger](#)
- z) [Guía Lineales part2 - RK Rose Krieger](#)
- aa) [Guía Lineales y accesorios - RK Rose Krieger](#)
- bb) [Guías lineales de bolas SAIN](#)
- cc) [Guías lineales larga carrera RK ROSE KRIEGER](#)
- dd) [Guías Lineales MAGZA-NIASA](#)
- ee) [Guías simples](#)
- ff) [Husillos HEPCOMOTION](#)
- gg) [Husillos KORTA SA](#)
- hh) [Husillos MGZ de NIASA](#)
- ii) [Husillos WEDA TRANSMISIONES](#)
- jj) [Información general sobre Ruedas](#)
- kk) [Manual de rodamientos - CFAG](#)
- ll) [Mini actuadores FESTO](#)
- mm) [Presentación conferencia rodamientos PPT](#)
- nn) [Reductores consideraciones generales](#)
- oo) [Reductores](#)
- pp) [Repaso Husillos](#)
- qq) [Selección de sistemas de guiado lineal](#)
- rr) [Sistemas lineales HEPCOMOTION](#)
- ss) [Sistemas mecánicos - Teoría](#)
- tt) [Sistemas varios - RK Rose Krieger](#)
- uu) [Tuercas de husillo trapezoidal IGUS](#)
- vv) [Curso Calculo y selección de husillos y guías lineales - Bureau Veritas](#)
 - [UC01-Fundamentos para la Seleccion de Husillos](#)
 - [UC02-Procedimiento de Calculo y Seleccion de Husillos](#)
 - [UC03-Fundamentos para la Seleccion de Guías Lineales](#)
 - [UC04-Procedimiento de Calculo y Seleccion de Guías Lineales](#)
 - [Catalogo Acoplamientos](#)
 - [Catalogo Guías Lineales](#)
 - [Catalogo Husillos](#)

- [Catalogo Motores](#)

ww) [Guía completa HEPCOMOTION](#)

xx) [Guía completa REXROTH](#)

- **Motores eléctricos y componentes.**

- a) [Arrancadores suaves - automatización catalogo WEG](#)
- b) [Arrancadores suaves \(sirius\) Siemens](#)
- c) [Arrancadores suaves manuales esquemas Moeller](#)
- d) [Arrancadores suaves Schneider Electric](#)
- e) [Calculo potencia motores](#)
- f) [Calculo servomotor SEW](#)
- g) [Cálculos para selección PaP](#)
- h) [Cálculos y control de motores](#)
- i) [Catalogo motores elmeq](#)
- j) [Catalogo completo Maxon](#)
- k) [Catálogo motores Siemens](#)
- l) [Catalogo Servomotor SWA Y DRIVE SCA-05](#)
- m) [Circuitos de control y motores eléctricos](#)
- n) [Como elegir el motor DC adecuado](#)
- o) [Condensador para motor](#)
- p) [Consumo Potencia Motores](#)
- q) [Control de Motores con Matlab](#)
- r) [Control de un motor DC mediante un controlador PID industrial](#)
- s) [Dimensionado de un stma de accionamiento](#)
- t) [Dimensionar un accionamiento - ABB](#)
- u) [Eficiencia en Motores eléctricos](#)
- v) [Ejes de posicionamiento, servos, PaP - FESTO](#)
- w) [Elección de Motores 2](#)
- x) [Elección motores formulas y graficas](#)
- y) [Elección Motores Paso a Paso](#)
- z) [Electrotecnia - diagramas y formulas motores](#)



- aa) [Evolución curva par](#)
- bb) [Formulas Potencia mecánica de motores eléctricos](#)
- cc) [Guía practica de montaje de motores DC](#)
- dd) [Guía técnica ABB](#)
- ee) [Magnetismo y electricidad. Motores eléctricos](#)
- ff) [Manual de motores eléctricos](#)
- gg) [Manual motores paso a paso](#)
- hh) [Manual servomotores HVP70](#)
- ii) [Manual servomotores Kollmorgen](#)
- jj) [Manual software motores OMRON](#)
- kk) [Motor CC o CA](#)
- ll) [Motores - Universidad de Colombia](#)
- mm) [Motores asíncrono - Facultad de Tucuman](#)
- nn) [Motores Eléctrico Mc Graw Hill](#)
- oo) [Motores FAGOR.pdf](#)
- pp) [Motores PaP Sanyo](#)
- qq) [Motores Paso a Paso1](#)
- rr) [Motores Paso a Paso2](#)
- ss) [Motores Paso a Paso3 control por PC](#)
- tt) [Motores Paso a Paso4 - MCBtec](#)
- uu) [Guía de automatización y Datasheet OMRON](#)
- vv) [Motores y controlador FESTO](#)
- ww) [Motores y tableros WEG](#)
- xx) [Notas reductores motores](#)
- yy) [Ponencia SCHNEIDER Servos](#)
- zz) [Selección de un motor eléctrico](#)
- aaa) [Selección del motor Ejemplos - EN](#)
- bbb) [Selección Servomotor - Teórico](#)
- ccc) [Selección Servos - aplicaciones](#)
- ddd) [Servo accionamientos](#)
- eee) [Servomotor series AKM KOLLMORGEN](#)
- fff) [Servomotores](#)
- ggg) [Tutorial motor DC](#)
- hhh) [Unidad de potencia y motores PaP](#)

- iii) [Velocidad, rpm y torque motor](#)
- jjj) [Selección y aplicación de motores eléctricos - WEG](#)

- **Perfiles y tubos estructurales.**

- a) [Acerinox_Acabados_Acero_Inoxidable](#)
- b) [Acerinox_Propiedades_mecanicas](#)
- c) [Acerinox_Tipos_de_acero_inoxidable](#)
- d) [Catálogo perfiles de montaje](#)
- e) [Info tubo estructura cuadrada - HIECAL](#)
- f) [Info tubo estructura recta - HIECAL](#)
- g) [Manual de diseño de ángulos estructurales](#)
- h) [Nomenclatura Tornillos](#)
- i) [Perfil angular01](#)
- j) [Perfil angular02](#)
- k) [Perfil angular03](#)
- l) [Perfil angular04](#)
- m) [Perfiles barras \(medias cañas, etc.\)](#)
- n) [Tabla perfiles laminados](#)
- o) [Tubos - PROTUBSA](#)
- p) [Tubos estructurales cuadrados especificaciones - ARCELOR](#)
- q) [Tubos estructurales rectangulares especificaciones - ARCELOR](#)

- **Otros cursos aplicados.**

- a) Curso CATIA como solución para CADCAECAM (5ª edición) - **UPCT**
- b) Curso de Diseño Mecánico con SolidWorks - **3000 Informática**

- **Webgrafía.**

Aquí hay algunos enlaces web consultados para el proyecto, es posible que algunos requieran registro para que funcionen. A día 29/9/2013 todos estaban operativos.

1. <http://www.youtube.com/watch?v=9NelOYBOJb8&list=PLmRvUJb6wCYK1RxXV-YjKbjRKpKrgMLzt>
2. <http://www.youtube.com/watch?v=VO2rZdZ-zHk&list=PLmRvUJb6wCYI5fbzH1bVvLwjdf5Aul-RN>
3. <http://www.emersonindustrial.com/es-ES/controltechniques/products/acdrives/Pages/ac-drives.aspx>
4. <http://www.motionking.com/Products/Hybrid Stepper Motors/HB stepper motors.htm>
5. <http://www.abb.es/product/es/9AAC100093.aspx?country=ES>
6. <http://www.jvl.dk/default.asp?Action=Details&Item=349>
7. <http://www.mecalux.es/almacenes-automaticos-transportadores-para-paletas/27998252-30099727-pd.html>
8. <http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/3192176/Apuntes-de-Automatizacion-Electroneumatica-etc.html>
9. <http://www.automatas.org/>
10. http://industrial.omron.es/es/products/catalogue/automation_systems/default.html
11. <http://industrial.omron.es/es/home/default.html>
12. <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/10077686/Automatizacion-Simulador-PLC-S7-200-PC-SIMU.html>
13. http://www.kollmorgen.com/en-us/support/design_tools/motion_solutions/
14. <http://www.bahr-modultechnik.de/ES/index.php>
15. <http://www.walkeremd.com/Banner-Engineering-Safety-Modules-s/120.htm>
16. <http://www.logismarket.es/ariservis/bascula-de-plataforma/733688407-45889742-p.html>
17. <http://cadenas.partcommunity.com/PARTcommunity/Portal/cadenas?goto=products&language=it>
18. http://www.engineeringtoolbox.com/electrical-motor-calculator-d_832.html
19. <http://es.scribd.com/doc/7313204/Calculo-de-Consumo-Elctrico-de-Motores>
20. http://www.lumetalplastic.com/pesos_prin.html
21. http://www.alciro.org/alciro/Plotter-Router-Fresadora-CNC_1/calculo-par-dinamico-pull-out-motor-paso-a-paso_340.htm

22. <http://www.pesaje-agropecuario.com.mx/celdas-de-carga.html>
23. <http://www.ciampalini.it/es/index.asp>
24. <http://www.hechoxnosotrosmismos.com/t1961-clasificacion-y-seleccion-de-motores-electricos>
25. <http://r-luis.xbot.es/cnc/taller01.html>
26. <http://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?t=614629>
27. http://www.lamtechnologies.com/?gclid=CPn_9NavsqQCFUg24wodMDNEyg
28. <http://html.rincondelvago.com/control-de-motor-de-paso.html>
29. <http://www.industrystock.es/html/Control%20de%20motores%20paso%20a%20paso/pro duct-result-es-103506-0.html>
30. http://www.profesormolina.com.ar/electromec/mot_sincronos.htm
31. <http://www.lasso.com.mx/Soluciones/AutomatizacionIndustrial/ControldeMovimiento.aspx>
32. <http://www.oesincorp.com/MotorControllerBlockDiagram.htm>
33. http://www.metacafe.com/watch/4065380/curso_de_automatizaci_n_y_control_tema_3_part14/
34. <http://www.instrumentacionycontrol.net/es/curso-completo-de-plcs.html>
35. <http://www.taringa.net/posts/ebooks-tutoriales/4333335/Curso-de-programacion-S7.html>
36. <http://www.emagister.com/fabricacion-cursos-2336173.htm>
37. http://www.formazion.com/cursos_curso_calculo_y_seleccion_de_husillos_y_motores_o n_line-63155.html#identificado
38. <http://www.traceparts.com/>
39. <http://www.infoplcs.net/blog4/2010/06/16/dimensionamiento-de-un-servo-motor/>
40. <http://www.directindustry.es/>
41. http://grupos.emagister.com/documento/seleccion_de_motores_electricos/1054-94744
42. <http://www.rk-rose-krieger.com/espanol/productos/unidades-lineales/unidades-lineales-de-husillo.html>
43. http://www.tecnun.es/asignaturas/cnmaqherram/ejercicios_propuestos.html
44. http://www.nei.com.br/lista/espanol/Ejes,_Husillos.aspx
45. http://www.taringa.net/posts/downloads/5476652/Electronica_Software-de-estudio-de-automatizacion.html
46. http://www.epromsa.com/automatizacion_industrial_1
47. http://www.epromsa.com/motores_paso_a_paso_28

48. http://www.alciro.org/alciro/Plotter-Router-Fresadora-CNC_1/etapa-potencia-circuito-control_9.htm
49. http://www.festo.com/cms/es_es/9457.htm
50. <http://medias.ina.de/medias/es!hp.tg/8;bq96W8tZkhJ4>
51. <http://www.giis.com.ar/distribucion/control%20mov.htm#SWA>
52. <http://www.hepcomotion.com/en/hds2-heavy-duty-linear-guide-pg-14-get-3>
53. <http://www.orientalmotor.com/support/motor-sizing.html>
54. <http://shop.maxonmotor.com/ishop/controller/node/4-Q-DC%20Servoverstaerker.xml>
55. <http://www.mecmod.com/>
56. <http://www.ipirangahusillos.com/castellano/catalogo8.php>
57. <http://www.igus.es/default.asp>
58. <http://www.industrialmagza.com/>
59. <http://fidelsmc.blogspot.com/2009/04/guia-en-linea-calculos-electricos-motor.html>
60. <http://interface-iberica.es/index.php?section=catalogo&idioma=es>
61. <http://www.lawebdelingeniero.net/index.php?topic=232>
62. http://www.interempresas.net/Componentes_Mecanicos/FeriaVirtual/Producto-Miniactuadores-50166.html
63. <http://www.taringa.net/posts/downloads/11238832/Libros-de-Fisica-y-Electromagnetismo.html>
64. <http://sine.ni.com/ds/app/doc/p/id/ds-311/lang/es>
65. http://www.mafero.com/esp/index.asp?secc=/apartados/productos/equipos_electronico_s_control/mafmat
66. http://b2b.partcommunity.com/portal/portal/b2b/CAD+CATALOGS?info=iko/linear_way_series/linear_way_h_series/lwht/lwht8_sl/lwht8sl_i_asmtab.pri
67. http://www.ia.omron.com/support/guide/25/further_information.html
68. <http://www.industrialmagza.com/mavilor.htm>
69. <http://mecatronicatese.blogspot.com.es/2012/09/simatic-step-7-version-55-sp1-32-y-64.html>
70. <http://melca.com.ar/apuntes.html>
71. <http://micropap.com/?gclid=COPXiLCj6UCFdP92Aod-BuBOg>
72. http://www.controltechniques.es/productos/motores_de_ca_cc_y_servomotor.aspx
73. <http://www.emersonindustrial.com/es-ES/controltechniques/Pages/home.aspx>
74. <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/203938>
75. <http://www.cidepa-sincron.es/es/productos>





76. <http://www.monografias.com/trabajos10/motore/motore.shtml>
77. <http://www.pnzcomatrans.com/transmision/motores-electricos/>
78. <http://listado.mercadolibre.com.ar/motores-paso-a-paso-para>
79. <http://robotsperu.org/foros/como-calculas-el-torque-de-un-motor-para-poder-levantar-vt594.html>
80. http://www.kc9aop.net/Doc/link_pages/motors_and_mechanical_es.htm
81. <http://scalablemachine.info/en/default.html>
82. <http://www.rk-rose-krieger.com/espanol/productos/blocan-reg.html>
83. http://www.constructalia.com/es_ES/productos-de-acero/perfiles-angulares-de-lados-iguales/118456/125737/1/page.jsp
84. <http://www.directindustry.es/prod/ec-motion/reductores-planetarios-para-motores-paso-a-paso-18949-154602.html>
85. <http://www.rodaplast.com/>
86. http://www.sainsl.com/modulos_lineales.php
87. <http://www.bricogeek.com/shop/23-sensores>
88. <http://www.lasso.com.mx/Soluciones/AutomatizacionIndustrial/ServoSistemas.aspx>
89. <http://www.sick.com/es/es-es/home/Pages/Homepage1.aspx>
90. http://es.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=siemens-industrial&file=products_6&cm_sp=MRO-_-siemens-industrial-_-products_6
91. <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/Pages/S7200.aspx>
92. <http://www.infoplcn.net/blog4/2010/12/03/sistema-de-realimentacion-de-posicion-i-encoder-o-resolver/>
93. <http://www.sew-eurodrive.es/support/index.php>
94. <http://www.youtube.com/watch?v=b9InrzjUCIg&feature=related>
95. <http://www.youtube.com/watch?v=zzvBuxvfRrM>
96. <http://www.youtube.com/watch?v=daHzHBv-Wj8&feature=related>